FRUWIRTH u. ROEMER

Einführung in die landwirtschaftliche Pflanzenzüchtung

UNIVERSITY OF TORONTO LIBRARY

Verlag von Paul Parey in Berlin

EIGENTUM
VOM

Einführung

in die

landwirtschaftliche Pflanzenzüchtung.

Von

Dr. C. Fruwirth,
o. ö. Professor an der Technischen Hochschule in Wien.

und

Dr. Th. Roemer,
o. ö. Professor an der Universität Halle a. d. S.

Mit 27 Textabbildungen und 4 Tafeln.

189025.
2.5.24

BERLIN
VERLAGSBUCHHANDLUNG PAUL PAREY
Verlag für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwesen
SW 11, Hedemannstraße 10 u. 11
1921.

Alle Rechte — auch das der Übersetzung — vorbehalten.
Für die Vereinigten Staaten von Amerika: Copyright by Paul Parey, Berlin 1921.

Altenburg, S.-A.
Pierersche Hofbuchdruckerei
Stephan Geibel & Co.

Germany

Vorwort.

Der Titel des Buches sagt eigentlich schon Genügendes über seine Bestimmung. Als Einführung in das Gebiet kann es für diejenigen, die Züchter werden wollen, nur im Anfang ausreichen. Dagegen soll es allen Studierenden der Landwirtschaft, die nicht selbst Züchter werden wollen, genügen, um ihnen das Wesen und die Bedeutung der Züchtung näher zu bringen. Ebenso allen nicht selbst züchtenden Landwirten, die im Betrieb tätig sind und allen im öffentlichen Leben wirkenden Männern, die mit Landwirtschaft in Beziehung treten. Die Ausführungen sind derart gehalten, daß nur ein Vertrautsein mit den Grundlagen von Bau und Leben der Kulturpflanzen oder doch wenigstens des Befruchtungsvorganges vorausgesetzt wird. Die Benützung des Buches ist derart gedacht, daß Vorlesung nach Vorlesung in der Folge, in welcher diese gebracht sind, durchgenommen wird; nur so wird immer auf bereits Bekanntem aufgebaut. Ein Überschlagen der Grundlagen, erste bis elfte Vorlesung, führt nur dann zum Ziel, wenn der Leser sich anderweitig mit den Grundlagen der Vererbungslehre vertraut gemacht hat.

In die Bearbeitung haben wir uns in der Weise geteilt, daß Roemer die auf Bastardierung bezüglichen Vorlesungen und die Vorlesung „Die Durchführung der vergleichenden Prüfung und die rechnerische Verarbeitung der Ergebnisse derselben" bearbeitet hat, Fruwirth das übrige.

Wien und Halle a. S., Sommer 1921.

Die Verfasser.

Inhalt.

		Seite
1. Vorlesung.	Wie entstehen neue Individuen?	1
2. „	Selbst- und Fremdbefruchtung, Inzucht und Bastardierung	5
3. „	Doppelvorlesung: Anlagen und Eigenschaften	
	I. Anlagen, Zellkern, Chromosome	11
	II. Weiteres über Chromosome, Chromomere	18
4. „	Die genealogische, die biologische und die vegetative Linie, Population, Sorte	24
5. „	Modifikabilität, Individuum und Nachkommenschaft	28
6. „	Vererbung	31
7. „	Doppelvorlesung: Variabilität	36
	I. Vielförmigkeit und Variabilität, die individuelle, kleine Variabilität	36
	II. Die anderen Formen der Variabilität	40
8. „	Variabilität nach Bastardierung. Qualitative Eigenschaften. (Einfache Fälle)	47
9. „	Variabilität nach Bastardierung. Qualitative Eigenschaften. (Schwierigere Fälle)	58
10. „	Variabilität nach Bastardierung; Quantitative Eigenschaften	64
11. „	Auslese	73
12. „	Pflanzenzüchtung. Allmacht der Züchtung	77
13. „	Wer züchtet? Wie wird man Züchter?	79
14. „	Die Züchtungsbehelfe	82
15. „	Züchtungs- und Auslesearten	88
16. „	Die Durchführung der Veredlungszüchtung bei Vermehrung und Selbstbefruchtung	93
17. „	Die Durchführung der Züchtung durch Formenkreistrennung und Auslese spontaner Variationen je bei Vermehrung und Selbstbefruchtung	102
18. „	Die Durchführung der Bastardierungszüchtung bei Vermehrung	105
19. „	Die Durchführung der Bastardierungszüchtung bei Selbstbefruchtung	111
20. „	Die Durchführung der Veredlungszüchtung bei Fremdbefruchtung	118
21. „	Die Durchführung der Bastardierungszüchtung, der Züchtung auf dem Wege der Formenkreistrennung und Auslese spontaner Variationen, morphologischer Eigenschaften, je bei Fremdbefruchtung	127
22. „	Die Durchführung der vergleichenden Prüfung und die rechnerische Verarbeitung der Ergebnisse derselben	138

Erste Vorlesung.

Wie entstehen neue Individuen?

Im landwirtschaftlichen Betrieb haben wir in Kartoffel oder Hopfen einerseits, in Weizen oder Erbse andererseits Vertreter der zwei Vorgänge, durch welche gewöhnlich neue Individuen geschaffen werden, der Vermehrung einerseits, der Fortpflanzung andererseits.

Bei Vermehrung kann entweder aus einem für diese bestimmten Teil einer Pflanze, einem Vermehrungsorgan, das neue Individuum erwachsen, so bei der Kartoffel aus der Knolle, bei der Küchenzwiebel aus der Brutzwiebel oder aus einem beliebigen Teil, so beim Hopfen. Bei letzterer Pflanze wird ein unter der Erde befindliches Stück der dort verdickten Achse, das Knospen trägt, abgeschnitten und in die Erde gebracht. Dort wird es unter günstigen Feuchtigkeits- und Wärmeverhältnissen die Schnittwunde durch ein Gewebe — Wundgewebe, Kallusheteroplasien — schließen, bald darauf Adventivwurzeln bilden und so zu einem neuen Individuum heranwachsen. Die Verwendung eines belaubten oder unbelaubten Achsenstückes, eines Stecklings, ist der häufigste Fall bei künstlicher Vermehrung und findet sich im Gartenbau bei ungemein vielen Pflanzen. Es ist aber auch möglich, bei Vermehrung auch unter ein Achsenstück herabzugehen und einzelne Knospen zu verwenden oder Blätter, wie dieses bei Begonien im Gewächshaus geschieht; ja, wenn besonders günstige Bedingungen geschaffen würden, genügte selbst eine einzelne Zelle, wenn eine solche natürlich in der Praxis nie dazu verwendet wird.

Immer ist für die Vermehrung kennzeichnend, daß an der Bildung des neuen Individuums sich nur ein Organismus beteiligt, und in den Fällen, welche im praktischen Betrieb in Frage kommen, daß es immer ein größeres Stück Gewebe dieses Organismus ist, das den Ausgang des neuen Individuums bildet.

Anders bei der Fortpflanzung, die auch als geschlechtliche Fortpflanzung bezeichnet wird. Bei dieser sind es zwei

Zellen oder genauer die Kerne zweier Zellen, die sich vereinen und vereint den Ausgang des neuen Individuums bilden. Diese Geschlechtszellen, Gameten, welche einer Zellschicht unmittelbar unter der Oberhaut entstammen, sind auf die Urmutterzellen, die Gonoktonten, zurückzuführen.

Bei der Bildung der männlichen Geschlechtszellen bleiben die vier in den Pollensäcken der Staubblätter aus jedem Gonoktonten entstehenden Gonen erhalten; es sind die männlichen Geschlechtszellen, die Pollenkörner.

Bei der Bildung der weiblichen Geschlechtszellen entstehen aus dem einzelnen Gonoktonten, der hier Mutterzelle des Embryosackes genannt wird und sich im Kern einer Samenknospe findet, zwar auch vier Zellen, Gonen, aber nur eine derselben bleibt erhalten, sie wird zum Embryosack.

Die Zellteilungsvorgänge, welche aus den Mutter-, richtiger Großmutterzellen der Pollenkörner und der Embryosäcke schließlich die Geschlechtszellen, die Gameten, entstehen lassen, sind zum Teil andere, als sie bei Zellteilungen im übrigen Leben der Pflanze vor sich gehen; einer der Teilungsschritte ist die sogenannte Reduktionsteilung, deren Bedeutung in der dritten Vorlesung zu beleuchten sein wird.

Das einzelne Pollenkorn kann auf einer Narbe derselben Art, mitunter auch auf einer Narbe einer Pflanze einer anderen Art, aber auch in geeigneten künstlichen Lösungen auskeimen. Dabei treibt es eine schlauchförmige Verlängerung, den Pollenschlauch, aus, in welchem der ursprünglich eine Kern des Pollenkorns sich teilt in einen vegetativen und einen generativen Spermakern. Ersterer löst sich allmählich auf, letzterer teilt sich später in zwei Kerne (Abb. 1).

Auch im Embryosackkern treten Teilungen des Kernes ein. Der ursprünglich allein vorhandene primäre Embryosackkern teilt sich in zwei Kerne, aus deren jedem vier weitere Kerne durch Teilung gebildet werden. Vier dieser Kerne gehen an das dem Samenknospenmund nahe Ende des Embryosackes, zwei von diesen sind die Hilfszellen, eine die weibliche Geschlechtszelle, die Eizelle, die vierte wandert gegen die Mitte des Embryosackes. Von den vier Kernen, die an das entgegengesetzte Ende wanderten, sind drei die Gegenfüßlerzellen; die vierte wandert gleichfalls der Mitte des Embryosackes zu (Abb. 2).

Die Pollenschläuche wachsen durch das Gewebe der Narbe und des Griffels oder durch ersteres und einen Kanal im

Griffel, dann in der Höhlung des Fruchtknotens, herab und können dabei eine Samenknospe erreichen. Durch den Mund derselben dringt dann — in jeder Samenknospe nur einer — der Schlauch in den Samenknospenkern und dann, nach Lösung der Wand, in den Embryosack ein.

Der Befruchtungsvorgang besteht in der Vereinigung des Kernes einer Eizelle mit dem einen generativen Kern des Pollenkornes, mit jenem, der in dem Pollenschlauch zuletzt weiter vorne liegt und nach Lösung der Schlauch- und Embryosackwand eintreten kann. Erst nach dieser Vereinigung entwickelt sich die befruchtete Eizelle, die Zygote, durch rasch aufeinanderfolgende Teilungsschritte, zur jungen Pflanzenanlage, zum Embryo.

Abb. 1.
C Keimendes Pollenkorn. *g* = generativer, *v* = vegetativer Kern.
D Weiter ausgewachsener Pollenschlauch. Vorne vegetativer Kern; *sp* und *sp*, die beiden aus dem generativen Kern entstandenen generativen Kerne (Giesenhagen).

Im Samenknospenkern ist Speichergewebe als Perisperm außerhalb des Embryosackes vorhanden, bleibt aber nur bei wenigen Pflanzen weiter erhalten. An seine Stelle tritt, für die spätere Ernährung des Embryos, Speichergewebe im Innern des Embryosackes, Endosperm, das seinen Ausgang von den beiden Kernen nimmt, die gegen die Mitte des Embryosackes zu gewandert sind. Diese beiden Kerne, Polkerne, vereinen sich mit dem zweiten generativen Kern des Pollenkornes, der gleichfalls in den Embryosack eindringt, und nach dieser Vereinigung, welche die doppelte, besser dreifache Befruchtung genannt wird, entsteht aus den vereinten Gebilden durch lebhafte Teilung das Speichergewebe, Endosperm.

Wenn sich die Samenknospe zum Samen umbildet, so haben wir in der Samenhaut, die sich aus den Samenknospenhäuten entwickelt und in dem etwa noch vorhandenen Perisperm, rein mütterliche Gebilde; dagegen ist an der Bildung des Embryos und des Endospermes, wie wir gesehen haben, auch die Vater-

pflanze durch die generativen Kerne des Pollenkornes beteiligt. Das ist von Wichtigkeit für die Ausbildung dieser Teile.

In der Pflanzenzüchtung spielen die Vorgänge der Apogamie und Parthenogenese keine wichtige Rolle. Sie stehen der Vermehrung nahe und beziehen sich auf die Entstehung neuer Individuen aus Zellen des Embryosackes: Apogamie (bei Citrus-, Mango-Arten öfters beobachtet, dort auch mehrere Embryonen in einer Samenknospe [Polyembryonie]) oder aus einer unbefruchteten Eizelle: Parthenogenesis (bei Kultur-

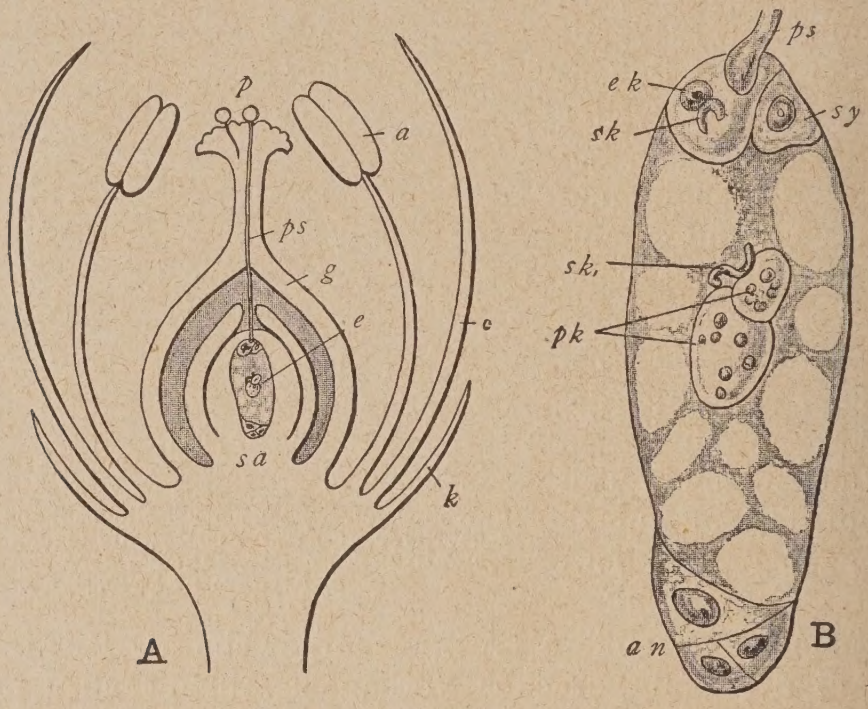


Abb. 2.

A Schematischer Längsschnitt durch eine Blüte. *k* Kelch, *c* Krone, *a* Staubbeutel, *g* Fruchtknotenwand, *s a* Samenknospe, *e* Embryosack, *p* Pollenkörner, *p s* Pollenschlauch eines der Körner (Giesenhagen).

B Embryosack, stark vergrößert. *p s* Pollenschlauch, *e k* Eizelle, *s k* einer der generativen Spermakerne, *s y* eine der Hilfszellen, $s k_1$ der zweite generative Spermakern, *p k* die zwei in die Mitte gewanderten Polkerne, *a n* Gegenfüßlerzellen (Guignard).

pflanzen bisher nur bei Kürbis, von Hagedoorn beobachtet). Ernst faßt für Formenkreise die Bezeichnung Apogamie schärfer und will solche nur dann als apogame bezeichnen, wenn die Bildung neuer Individuen auf dem angegebenen Weg bei denselben mit vollständigem Verlust der Geschlechtstätigkeit bei dem Formenkreis verbunden ist.

Auch der Pfropfung muß am Schlusse dieser Vorlesung noch gedacht werden als eines außergewöhnlichen Vorganges, durch welchen künstlich ein neues Individuum durch Vereinigung eines Teiles eines Individuums, Pfropfreis, mit einem

anderen Individuum, Unterlage, erzielt wird. So wie bei gewöhnlicher Pfropfung beteiligen sich auch bei dem besonderen Vorgang der Chimärenbildung zwei Individuen. Die Natur der eigentümlichen Gebilde, die mit dem Namen Chimären belegt worden sind, ist zuerst von Baur erklärt worden. Winkler hat solche dann experimentell erzeugt und zwar bei Pfropfung von Liebesapfel auf Nachtschatten oder der umgekehrten Vereinigung, indem er das angewachsene Pfropfreis nahe seiner Basis durchschnitt. Bei der dann erfolgenden Bildung von Knospen an der Schnittstelle können auch solche entstehen, an welchen sich Reis und Unterlage beteiligen. Die Chimäre hat die beiderlei Gewebe entweder nebeneinander: Sektorialchimären oder derart übereinander: Periklinalchimären, daß die Oberhaut und eine oder zwei Zellschichten darunter dem einen, das Innere dem anderen Individuum entstammen. Baur hat darauf verwiesen, daß eine Chimäre aber auch dadurch entstehen kann, daß bei Augenpfropfung zufällig das Innere der Knospe zerstört wird und in die Höhlung Gewebe der Unterlage hineinwächst.

Pfropfgebilde, welche viele Jahrzehnte hindurch nicht erklärt werden konnten: Laburnum Adami (L. vulgare, Goldregen + Cytisus purpureus) und die beiden aufgefundenen Vereinigungen von Mispel + Weißdorn: Crataegomespilus Dardari und C. Asnieresii, wurden auch als Chimären erkannt.

Zweite Vorlesung.

Selbst- und Fremdbefruchtung, Inzucht und Bastardierung.

Umhüllt man eine Erbsenpflanze, bevor sie ins Blühen kommt, mit einem Gazebeutel, so wird die Bildung von Früchten mit keimfähigen Samen nur so weit gegenüber jener bei gleich kräftigen, frei abgeblühten Individuen zurückstehen, als sie durch schwächere Licht- und Luftzufuhr infolge der Umhüllung beeinträchtigt wird. Wir erkennen somit, daß die Erbse eine Pflanze ist, bei welcher Selbstbestäubung, also Bestäubung innerhalb einer Blüte, von Erfolg ist, daß sie ein Selbstbefruchter ist. Der Blütenbau ließ dieses nicht erwarten, denn er zeigt Einrichtungen, welche selbst auffallend auf Übertragung des Blütenstaubes durch Insekten hinweisen. Auch

der Löwenzahn ist ein Beispiel dafür, daß der Blütenbau keinen sicheren Schluß auf die Befruchtungsverhältnisse zuläßt. Die Blüten desselben bieten viel Pollen und viel Honig dar; die Blütenkörbe schließen sich bei Nacht und Regen. Alles weist auf Fremdbefruchtung, Pollenübertragung durch Insekten hin, wie sie sich bei Sonnenblume, Zichorie findet, und dennoch bedarf die Pflanze einer solchen nicht, ja nicht einmal der Selbstbestäubung. Sie entwickelt, wie Raunkiär nachgewiesen hat, die Eizellen parthenogenetisch. Der Versuch, der dieses zeigt, ist leicht zu machen; man kann in einem aufblühenden Korb, bei allen Blüten, alle Blütenteile über dem Fruchtknoten abschneiden und die Blütenkörbe einhüllen, und doch entwickeln sie samenführende Früchtchen. Auch bei anderen Arten hat man feststellen können, daß die Untersuchung des Blütenbaues, der Bestäubungseinrichtungen nicht in allen Fällen genügt, um eine Art als Selbst- oder Fremdbefruchter zu erkennen. Dies ermöglicht erst der Versuch mit einem Einschluß der Blüten oder Pflanzen, der gegen Wind- oder Insektenübertragung des Blütenstaubes schützt, in Verbindung mit Nebeneinanderbau gleichzeitig blühender, aber verschieden veranlagter, frei abblühender Formen der betreffenden Art. Ein derartiger Versuch hat bei einer Reihe von Arten gezeigt, daß man vielfach die Bezeichnung einer Art als Selbst- oder Fremdbefruchter nur mit der Beifügung „gewöhnlich“ geben darf.

Ausgesprochene Selbstbefruchter sind außer der Erbse zweizeilige, aufrechte, dichtährige Gerste, sechszeilige Gerste, Tabak, Erdnuß; gewöhnlich tritt Selbstbefruchtung ein bei zweizeiliger nickender lockerähriger Gerste, bei Weizen, Hafer, Wicke, Linse, Fisole, Citrus-Arten.

Schließt man eine blühende Rotkleepflanze ein, so wird man ein — gegenüber der Erbsenpflanze — ganz abweichendes Ergebnis erzielen. Die sämtlichen Köpfe der Pflanze werden ohne Samen sein; die Pflanze ist zur Erzielung einer Samenbildung auf den Besuch von Insekten angewiesen, welche den Blütenstaub aus der Blüte einer Pflanze in jene einer anderen übertragen, sie ist ein Fremdbefruchter, und zwar ein Insektenblüher, während andere Fremdbefruchter, wie der Mais, auf die Übertragung des Blütenstaubes durch den Wind angewiesen sind, Windblüher sind.

Daß eine Pflanze Fremdbefruchter ist, muß nicht nur darauf beruhen, daß der Blütenstaub einer Blüte nicht auf die Narbe

derselben Blüte gelangen kann, weil beispielsweise die Narbe höher steht als die Beutel, oder die Narbe erst empfangsfähig wird, wenn die Beutel derselben Blüte bereits ausgestäubt haben. Es kann eben auch der Fall vorliegen, daß eines der Geschlechter nicht zeugungsfähig ist, Selbstunfruchtbarkeit, Selbststerilität, besser Impotenz genannt, oder daß der Blütenstaub in derselben Blüte nicht wirkt: auch Selbstunfruchtbarkeit, Selbststerilität oder, besser Selbstunempfänglichkeit (Sirks) genannt. Für diese Selbstunempfänglichkeit für Blütenstaub derselben Blüte haben wir noch keine allgemein geltende Erklärung. In manchen Fällen keimen die Pollenkörner auf der zugehörigen Narbe überhaupt nicht, in anderen, häufigeren, keimen sie, aber die Pollenschläuche wachsen sehr langsam, so z. B. bei Rotklee, derart, daß die Eizelle nicht oder zu spät erreicht wird. Dafür hat man Hemmungsstoffe (Correns), zu geringen Reiz der Narbenausscheidungen (East), günstige Ernährung der Schläuche und dadurch Fehlen des Zwanges zur Nahrungssuche (Moore) als Ursache angenommen.

Ausgesprochene Fremdbefruchter sind die Windbefruchter Mais, Roggen, mehrjährige Gräser, die Insektenbefruchter Feuerfisole, Rotklee, Sonnenblume, Zichorie, Baumwolle. Auch bei ihnen ist der Zusatz „gewöhnlich“ notwendig. Es finden sich bei ihnen zwei Abstufungen: Bei einigen Arten tritt bei allen Individuen neben der herrschenden Fremdbefruchtung Selbstbefruchtung doch auch auf, so bei Mais und Baumwolle. Bei anderen Arten, den übrigen oben genannten, gibt es Individuen, die Ausnahmen bilden. Man hat bei ihnen Individuen gefunden, welche Selbst- oder doch die derselben gleichwertige Nachbarbefruchtung (Befruchtung innerhalb der Blüten einer Pflanze) in erheblichem Umfang eintreten lassen, so Roggen, Zichorie.

Es gibt bei diesen Arten demnach einzelne Pflanzen, welche eingeschlossen doch Samenbildung zeigen, während die Mehrzahl der Pflanzen derselben Art bei Einschluß nicht einen keimfähigen Samen bilden. Geschlechtlich erzeugte Nachkommen von solchen Ausnahmspflanzen zeigen alle oder zum Teil wieder diese Eigenschaft.

Bei Selbstbefruchtern wird die Möglichkeit, daß die entstehenden Individuen andere Anlagen mitbekommen als die Pflanze, von der sie stammen, immerhin eher vorhanden sein als bei Pflanzen, die der Vermehrung unterworfen sind. Störungen bei vegetativen Zellteilungen sind gewiß möglich, aber

eher noch bei jener Zellteilung, welche der Geschlechtszellenbildung vorangeht, und die wir in der dritten Vorlesung als Reduktionsteilung kennen lernen werden. Bei Selbstbefruchtern kann aber auch das beobachtete Individuum das Ergebnis einer der seltenen Fremdbefruchtungen sein und nun verschiedene Anlagen führen. Bei Fremdbefruchtern werden wir ohne weiteres Mischung verschieden veranlagter Geschlechtszellen als die Regel und Zusammentritte gleich veranlagter als die Ausnahme annehmen können.

Bei Pflanzen, welche, sich selbst überlassen, Selbstbefruchtung allein oder vorherrschend eintreten lassen, können viele Generationen bei Selbstbefruchtung erwachsen, ohne daß eine Schädigung eintritt. Bei vielen Pflanzen, welche, sich selbst überlassen, Fremdbefruchtung eintreten lassen, kann man Selbstbefruchtung erzwingen, indem man entweder künstlich mit eigenem Pollen bestäubt oder aber nur gegen fremden Blütenstaub schützt. Solche erzwungene Selbstbestäubung bei normal fremdbefruchtenden Pflanzen ist engste Inzucht: Inzestzucht durch Selbstbefruchtung. Sie kann ungünstig wirken, indem bei ihr schon die Bildung von Früchten und Samen geringer ist oder weiter die nach Selbstbefruchtung entstandenen Samen nur zum Teil keimen oder die erwachsenden Pflanzen schwächlicher sind. Zahlreiche Versuche Darwins haben schon auf diese Verhältnisse aufmerksam gemacht. Durch mehrere Generationen hindurch fortgesetzte derartige engste Inzestzucht kann die ungünstigen Folgen bis selbst zum Tod steigern. Verschiedene Arten erweisen sich als verschieden empfindlich; z. B. ist bei Kohl, Runkelrübe, Roggen, Mais die Empfindlichkeit in dieser Folge immer geringer. Die Schädigung führt man auf überhaupt ungünstige Wirkung der Selbstbefruchtung bei Fremdbefruchtern zurück, dann, nach Shull, East, Hayes bei Fortsetzung derselben, auf das Abnehmen der Verschiedenartigkeit der Anlagen, verminderte Heterozygotie und dadurch bewirkten geringeren Reiz bei der Befruchtung. Ein weiterer Grund wird uns erst besser verständlich werden, wenn wir die Bastardierungsgesetze kennen gelernt haben: es ist die Absonderung von ungünstig veranlagten Individuen, die dadurch erfolgt, daß durch Inzestzucht — entgegen freier Fremdbefruchtung — ein Zusammentritt von Geschlechtszellen von Individuen mit ungünstigen Anlagen begünstigt werden kann. In allen Fällen muß schließlich ein Grad der Einwirkung erreicht werden, über welchen hinaus

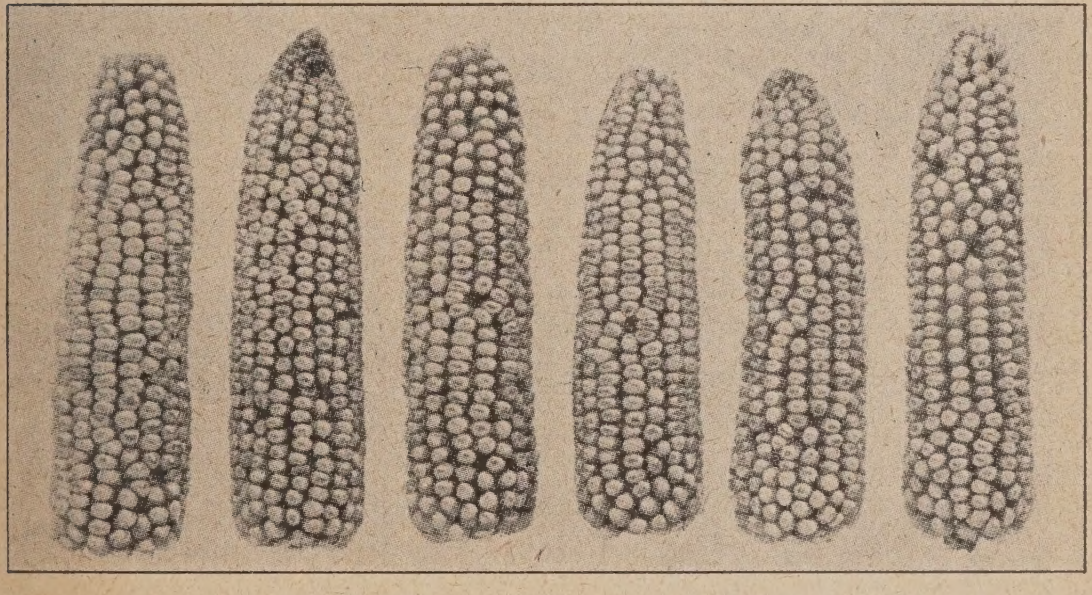
weitere Inzestzucht keine Steigerung der Schwächung bewirkt.

Im gleichen Sinn wie die engste Inzucht, wenn auch schwächer, wirkt die gewöhnliche Inzestzucht, der Zusammentritt von Eltern mit ihren Kindern und der Kinder untereinander.

Auch der fortgesetzte geschlechtliche Zusammentritt von zwar weiter aber doch sehr nahe miteinander verwandten Individuen kann noch, wenn auch sehr abgeschwächt, schädigend wirken. Dieser erfolgt, wenn man mehrere Individuen zusammenbringt und nur zwischen diesen und ihren Nachkommen Befruchtung eintreten läßt: gewöhnliche Inzucht.

Werden Individuen, welche von einer längere Zeit hindurch fortgesetzten Inzest- oder Inzucht stammen, mit anderen geschlechtlich zusammengebracht, die gleichfalls von einer solchen herrühren, so bringt dieser Zusammentritt zumeist sehr günstige Wirkungen mit sich, die man als Heterosis (Shull) bezeichnet, und die sich in größerer Üppigkeit der entstehenden Individuen, ja auch des Endosperms schon, äußern.

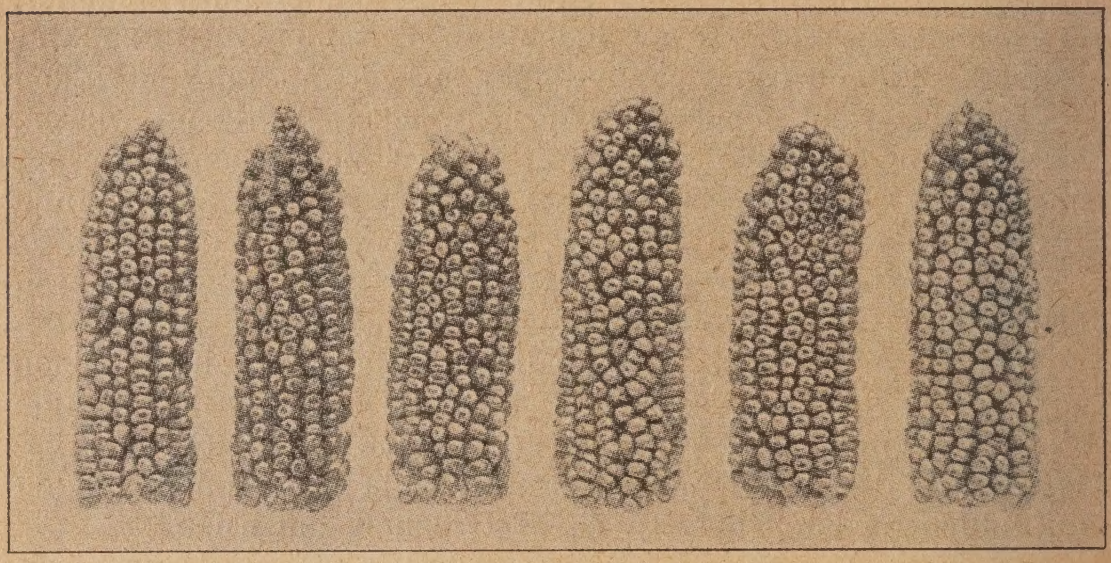
So ergaben beispielsweise in den Versuchen Jones mit Mais an der Versuchsstation des Staates Connecticut die beiden bei Inzestzucht geführten Nachkommenreihen $^1/_9/^1/_2$ und $^1/_7/^1/_2$ 1916 Erträge von 30,6 und 19,2 bushels Korn pro acre, die Nachkommen einer 1915 vorgenommenen Vereinigung von Individuen der beiden Reihen im Jahre 1916 aber 63 und 82 bushels. Die



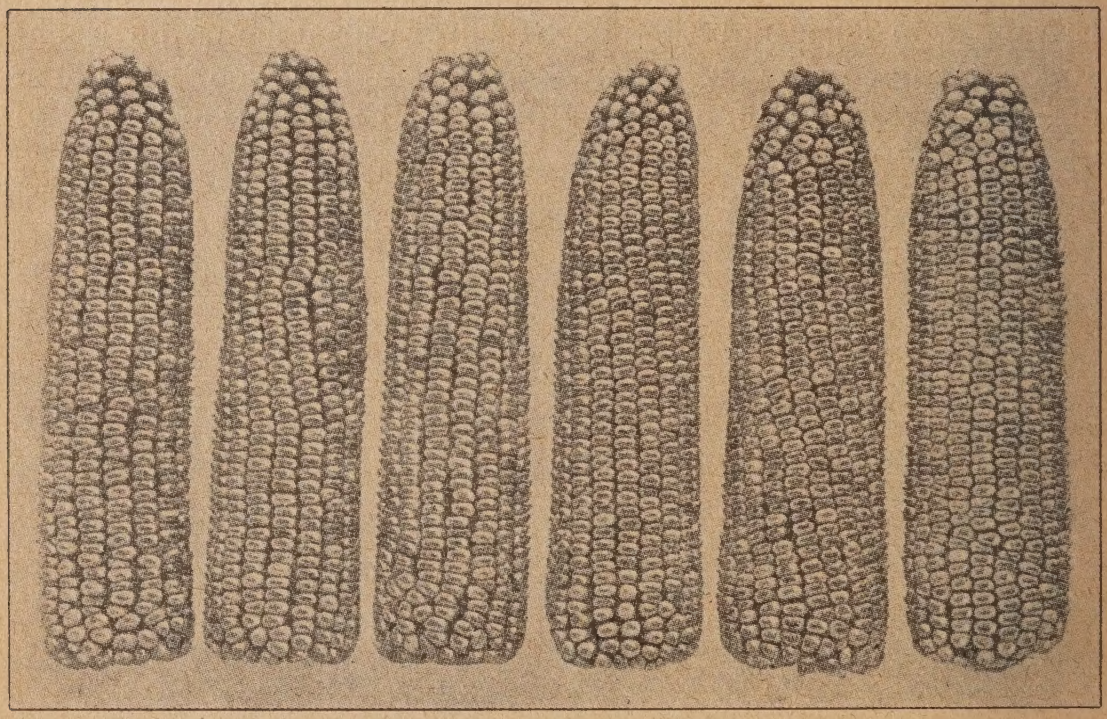
a

Abb. 3.

Bilder typischer Kolben von zwei Inzestzuchtreihen und der Nachkommen einer geschlechtlichen Vereinigung von Individuen derselben zeigen den starken Einfluß auch auf die Kolben (Abb. 3 a, b und c).



b



c

Abb. 3.

a Kolben einer Inzestzuchtreihe; *b* Kolben einer anderen Inzestzuchtreihe; *c* Kolben von Pflanzen, die einer geschlechtlichen Vereinigung von Pflanzen der beiden Inzestzuchtreihen entstammen (Jones).

Im Eingang dieser Vorlesung hatten wir nur von Fremdbefruchtung schlechtweg gegenüber Selbstbefruchtung gesprochen. Bei Fremdbefruchtung bezeichnet man in der Züchtung einen Vorgang besonders als Bastardierung, jenen, bei welchem zwei durch äußere Eigenschaften verschiedene Individuen miteinander zusammentreten. Wir werden bei Verwendung dieses eingebürgerten Wortes aber nicht vergessen, daß auch bei geschlechtlichem Zusammentritt von in den äußeren Eigenschaften gleichen Pflanzen verschiedene Anlagen zusammentreten können. Eine Bastardierung ist nicht zwischen je zwei beliebigen Formenkreisen möglich. Im allgemeinen gelingt sie leichter bei einander näher verwandten Formenkreisen. Sorten- und Varietätenbastardierung führt leicht zu einem Erfolg, Artbastardierung in selteneren Fällen, Gattungsbastardierung noch seltener. Mit der Nähe der Verwandtschaft der bastardierten Formen steigt auch die Fruchtbarkeit des Ergebnisses, die bei fernerer Verwandtschaft oft ganz fehlt.

Heterosis tritt bei Formen, die nicht allzu weit miteinander verwandt sind, auch bei Bastardierung ein.

Dritte Vorlesung (Doppelvorlesung).

Anlagen und Eigenschaften.

I. Eigenschaften, Zellkern, Chromosomen, Kernteilungen.

Die Zahl der verbreiteten Sorten der Erbse übersteigt, wenn man auch die im Garten gebauten hinzunimmt, ein halbes Hundert, und bei Fisole ist die Zahl der Sorten eine noch größere. Bei der Mehrzahl dieser Sorten sind äußere, morphologische oder Formeigenschaften mit ihren qualitativen Unterschieden deutlich unterscheidend, bei anderen nur innere, physiologische oder Leistungseigenschaften mit ihren quantitativen Unterschieden.

Farbe der Blüten und Hülsen, Form der Hülse bei Erbse und Fisole, Vorhandensein eines Endblättchens oder einer Ranke beim Blatt der Erbse, Winden oder Aufrechtbleiben der Achse bei Fisole sind solche unterscheidende morphologische, äußere oder Formeigenschaften, während Lebensdauer, durchschnittliche Samengröße pro Pflanze, durchschnittliche Zahl der Samen je Hülse innere, physiologische oder Leistungseigenschaften sind.

Man kann nun erwarten, daß bei einer Erbsen- oder Fisolensorte mit bestimmten Eigenschaften diese Eigenschaften bei allen Individuen der Sorte immer wieder erscheinen werden, wenn auch einzelne derselben durch Verschiedenheit der äußeren Verhältnisse mehr oder minder verändert werden. Solche Veränderung wird sich bei Leistungseigenschaften immer eher bemerkbar machen als bei Formeigenschaften, immerhin aber auch bei letzteren. Bezüglich solcher hat White bei Erbse viele Beobachtungen gesammelt. Danach kann bei länger dauerndem Regenwetter eine violettblühende Sorte nahezu Rosablüte, eine rosablühende nahezu Weißblüte zeigen; bei wenig Sonnenschein kann die violettrote Färbung der Blattachseln, wie sie violettblühende Erbsen zeigen, ausbleichen, bei verschiedenen Einwirkungen die Eigenschaft des Früh- oder Spätblühens verwischt werden. Durch stärkere Einwirkung konnte White selbst einschneidendere Änderungen erzielen, so bei normal weißfrüchtigem Mais rote Farbe der Körner durch Entfernung der Lieschen. Immer wird die Veränderung, das soll schon hier festgehalten werden, nur dann und nur so lange erscheinen, als eine Generation den veränderten äußeren Verhältnissen ausgesetzt ist und schwinden, wenn eine Generation unter den normalen Verhältnissen erwächst.

Abgesehen von den doch meist leichteren Einwirkungen wird — wie gesagt — die Erwartung, die Eigenschaften bei allen Individuen der Sorte zu finden, bei Erbse und Fisole, soweit Selbstbefruchtung erfolgt, nur selten getäuscht werden. Anders bei Pflanzen, welche der Fremdbefruchtung unterworfen sind.

Alle Zellen einer Pflanze stammen von der befruchteten Eizelle ab. Auch bei schon starker Vergrößerung sieht unter dem Mikroskop die Eizelle einer Erbse nicht anders aus als jene einer Fisole, und doch müssen wir annehmen, daß in diesem Gebilde die Bedingungen vorhanden sind, welche unter normalen Verhältnissen in einem Fall eine Erbse, im anderen eine Fisole entstehen lassen, und zwar weiter je eine Pflanze einer bestimmten Sorte dieser Gattungen.

Verschiedene Beobachtungen haben gezeigt, daß dem Kern einer Zelle schon im vegetativen Leben der Pflanze eine beherrschende Rolle zukommt. So gehen kernlose Zellstücke zugrunde, kernlos gemachte befruchtete Eier zeigen nur den Einfluß des Vaters. Die hervorragende Rolle des Kernes ist noch deutlicher bei Befruchtungsvorgängen zu erkennen.

Bei einer Anzahl von Pflanzen hat man beobachtet, daß bei dem Befruchtungsvorgang von der männlichen Geschlechtszelle nur der Kern in die Eizelle eintritt — so nach Juel bei Pirola, Strasburger bei Urtica, Correns bei Mirabilis — oder, wenn auch übriges Zellplasma übergeht, dieses nur zur Ernährung des Kernes verwendet wird — so bei Gagea nach Nemetz. Bei der Befruchtung wird demnach, zumindest bei einer Reihe von Pflanzen, von dem männlichen Individuum nur ein Kern beigestellt, von dem mütterlichen kommen außer dem Kern noch reichliche Massen hinzu, und doch ist, wie Versuche mit geschlechtlicher Vereinigung ungleich veranlagter Pflanzen gezeigt haben, der Einfluß beider Eltern gleichstark.

Besonders auffallend ist das Verhalten des Kernes bei der doppelten Befruchtung bei verschieden veranlagten Individuen. So wie bei der Befruchtung der Eizelle der Embryo die Wirkung der Anlagen beider Kerne zeigen kann, so wird bei der doppelten Befruchtung das entstehende Endosperm auch die Wirkung der Anlagen der drei Kerne zeigen können. Nun sind aber, wie wir wissen, bei der doppelten Befruchtung zwei Kerne von der Mutter und nur ein Kern vom Vater geliefert worden, und wenn dem Kern eine besondere Rolle bei der Übertragung der Anlagen zukommt, so wird man eine stärkere Wirkung der Mutter erwarten können. Eine solche ist nun tatsächlich bei der Bildung des Endosperms bei Mais festgestellt worden, so von Hayes und East sowie von Kenjiro Jujii und Yoshimura. Wenn ein Mais mit schwarzem (blauem) Endosperm mit einem solchen mit weißem Endosperm befruchtet wird, so können wir uns vorstellen, daß alle Geschlechtszellen des schwarzen Maises in ihren Kernen eine Anlage für Schwarzfärbung des Endosperms besitzen, die den Kernen des weißen Mais fehlt. Wir wollen in einer schematischen Darstellung einen solchen Kern, der die Anlage für Schwarzfärbung besitzt, mit *S*, einen ohne diese mit *s* bezeichnen.

Aus Erfahrung wissen wir, daß bei Mais bei einer derartigen Vereinigung die Anlage für Schwarz so kräftig ist, daß eine Wirkung einer etwaigen Anlage im weißen Mais nicht in Erscheinung tritt und das Endosperm immer schwarz wird. Wie die Versuche gezeigt haben, ist es aber in allen jenen Fällen dunkler schwarz, in welchen zwei Kerne mit der Anlage für Schwarz zur Endospermbildung eintreten, also dann, wenn die Pflanze mit schwarzem Endosperm die Mutter ist. Das Schema ist dann das folgende (Abb. 4):

Alle diese Erscheinungen führen zu der Annahme, daß die Bedingungen für die typische Ausbildung einer Pflanze im Kern der Zelle zu suchen sind.

Bei sehr starker Vergrößerung sieht man, zur Zeit von Zellteilungsvorgängen bei der Geschlechtszellenbildung, nach Zusatz von Färbemitteln im Mikroskop, im Kern der Zelle eine Anzahl von Gebilden, die bei einer Art in bestimmter Zahl, so in der unbefruchteten Eizelle der Erbse in der Siebenzahl (Cannon) vorhanden sind, und die man Chromosomen genannt hat. Auch bei Zellteilungen im vegetativen Leben kann man diese Gebilde sehen. Sie sind dann, so wie in der befruchteten Eizelle, in doppelter Zahl vorhanden — diploide Zellen — gegenüber der Zahl derselben in jenen

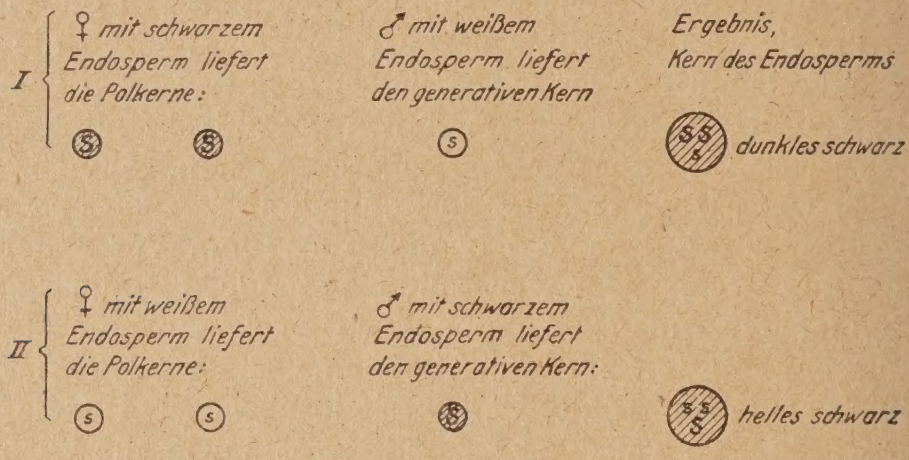


Abb. 4.

Doppelte Befruchtung bei Mais. I. Polkerne mit Anlage für Schwarz von ♀ geliefert. II. Generativer Kern mit Anlage für Schwarz von ♂ geliefert.

Zellen, welche bei den Reifungsteilungen von den Gonoktonten gebildet werden, den haploiden Zellen. Diese Chromosomen denkt man sich aus Teilchen aufgebaut, die man Chromomeren (Eisen) genannt hat. Durch Reizmittel gelang es Sakamura, die Grenzen dieser Teilchen sichtbar zu machen, als welche man früher die Einschnürungen der Chromosomen angenommen hatte. Das Verhalten der Chromosomen bei Zellteilungen im vegetativen Leben der Pflanze, noch mehr aber jenes bei den Reduktionsteilungen und — bei verschieden veranlagten Pflanzen — bei der Verteilung der Chromosomen, wies endlich darauf hin, die innere Veranlassung zur typischen Ausgestaltung einer Pflanze in diesen Chromosomen zu suchen.

Den erwähnten wichtigen Vorgängen, welche diese Annahme begründen, soll nun nähergetreten werden.

Bei einer Zellteilung während des vegetativen Lebens einer Pflanze zerfällt der im Kern zu dieser Zeit gebildete Faden in eine Anzahl Stücke, eben die Chromosomen (Abb. 5), deren jedes eine Längsspaltung erfährt, worauf die eine Hälfte in die eine, die andere in die andere der gebildeten zwei Zellen befördert wird. Jede der neugebildeten Zellen

Abb. 5. Kern- und Zellteilung bei vegetativer Zelle.
(Aus Strasburger: Die stoffl. Grundl., S. 24.)

n Kern; *nl* Kernkörperchen; *w* Kernwandung; *c* Zellplasma; *ch* Chromosomen; *k* Polkappen; *s* Spindel; *kp* Kernplatte; *t* Tochterkernanlage; *v* Verbindungsfäden; *z* Zellplatte; *m* neue Scheidewand. *1* ruhender Kern; *2*, *3*, *4* Aussonderung der Chromosomen; *5*, *6* Längsspaltung der Chromosomen; *7*, *8* Trennung der Spalthälften; *9* Beförderung der Hälften (Tochterchromosomen) zu den Polen; *10*, *11* Tochterkernbildung, Wandbildung; *12* Tochterkerne und Wand gebildet.

enthält demnach ebenso viel und — da sie durch Teilung der früher vorhanden gewesenen entstanden sind — ebenso beschaffene Chromosomen wie die Zelle, aus der sie gebildet wurden (Abb. 5 u. 6).

Bei einer Zellteilung in den Gonoktonten, bei der Reduktionsteilung der Reifungsteilungen, werden bei der

Kernteilung nicht Hälften von Chromosomen auf die zwei neugebildeten Zellen verteilt, sondern ganze, nebeneinandergelagerte Chromosomen, so daß diese Zellen nur die halbe Zahl Chromosomen enthalten (Abb. 7 u. 8). Beim unmittelbar folgenden Teilungsschritt der Reifungsteilungen werden dann wieder — und zwar diesmal durch eine schon früher vorbereitete Spaltung angedeutete — Hälften dieser Chromosomen auf die entstehenden Zellen, die Gonen, verteilt. Es besitzen daher die Pollenkörner und der Embryosackkern, sowie weiterhin alle von diesem abstammenden Zellen, somit auch die Eizelle, auch nur die Hälfte der für die Art kennzeichnenden Zahl Chromosomen (Abb. 8).

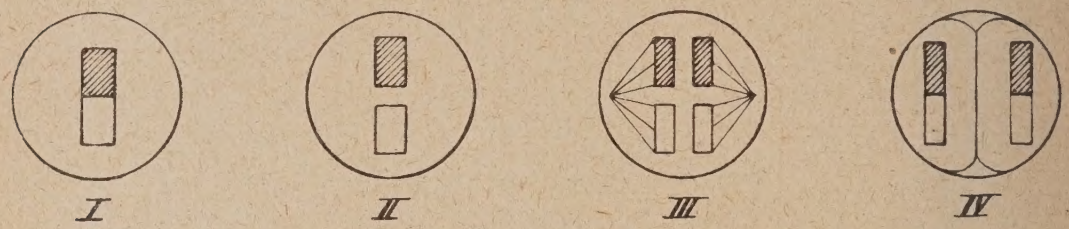


Abb. 6. Schematische Darstellung der Verteilung der Chromosomen auf die bei vegetativer Zellteilung entstehenden Tochterkerne.
Aus Lotsy, „Flora", 1904, Heft II.
In der Darstellung ist angenommen, daß der Kern nur zwei Chromosomen, eines vom Vater [ ], eines von der Mutter [▨], enthält. Die Kernteilungsfiguren nicht ausgezeichnet. *I* und *II* Prophasen der Teilung. *I* Chromatinfaden, unzerfallen. *II* in die Chromosomen zerfallen. *III* Metaphase der Teilung. Die Chromosomen sind gespalten (Äquationsteilung) und (während Anaphase) im Begriff, zu den Polen befördert zu werden. *IV* Chromatinfaden der Tochterkerne.

In Fällen, in welchen die Chromosomen, die von der Vaterpflanze stammen, anders veranlagt waren als jene, die von der Mutterpflanze stammen, kann bei der erwähnten Verteilung der Chromosomen, die aber auch bei gleicher Veranlagung erfolgt und immer zufällig erfolgt, ein Teil der Geschlechtszellen Chromosomen enthalten, die so wie bei dem Vater, ein anderer solche, die so wie bei der Mutter veranlagt sind. Daß bei der Nebeneinanderlage von Chromosomen bei der Reduktionsteilung tatsächlich je ein Chromosom des Vaters sich neben dem ihm entsprechenden, homologen der Mutter lagert, ist durch die Bilder der Lagerung bei Formen erwiesen worden, welche deutlich verschieden große oder verschieden geformte Chromosomen besitzen, so bei den Tieren Protenor und Drosophila, bei Chromosomen, die mit dem Geschlecht zusammenhängen; bei Pflanzen von Bally an dem Bastard von Aegilops ovata (16 schlanke Chromosomen) und Triticum sativum (8 plumpe Chromosomen).

Die Reduktionsteilung verhindert, daß bei jeder Befruchtung die Zahl der Chromosomen verdoppelt wird. Die befruchtete

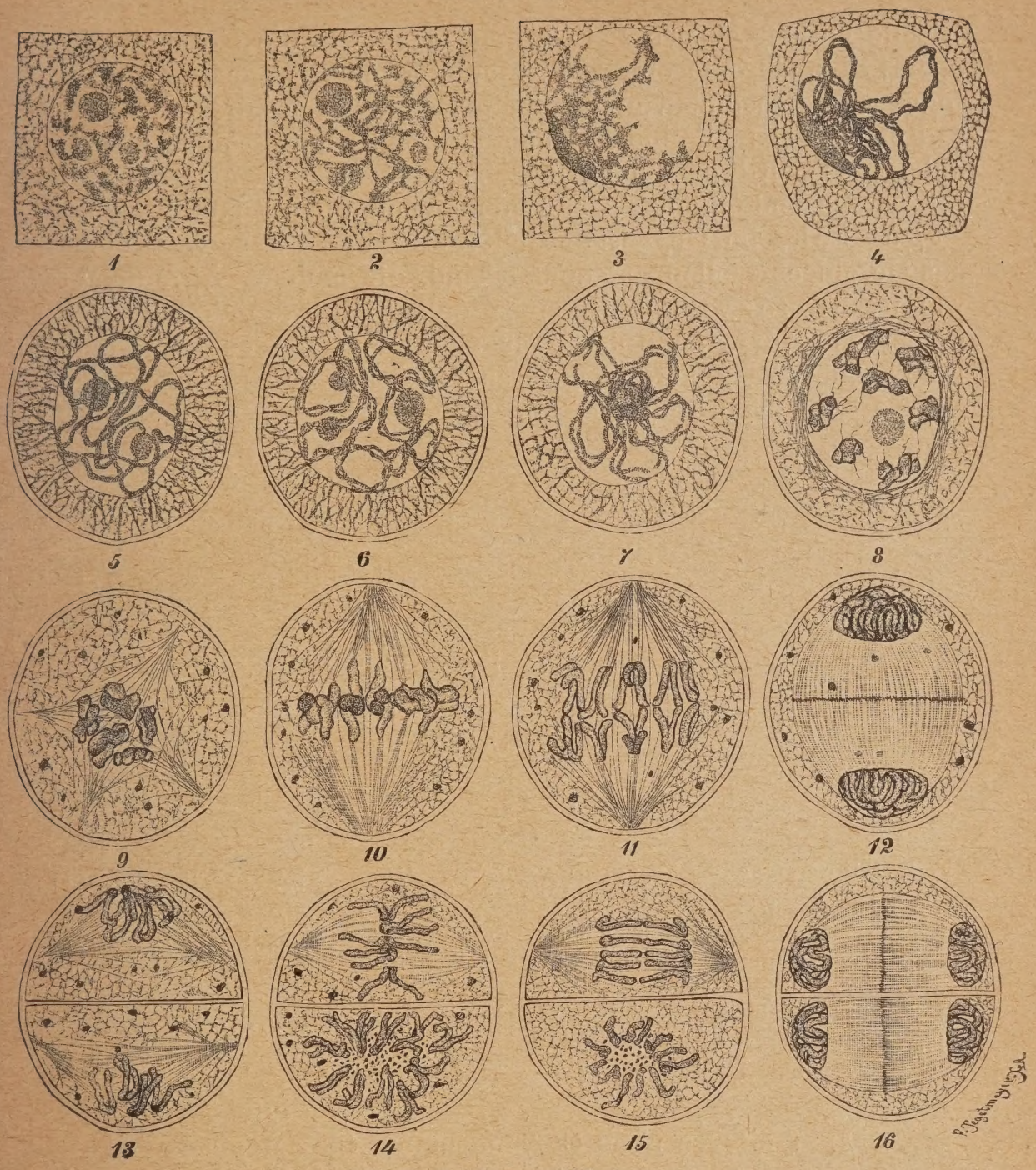


Abb. 7. Reifungsteilungen.

Pollenmutter (= Großmutterzellen) einer Lilie in Teilung, etwas schematisiert. Vergr. etwa 800. (Aus Strasburger: Die stoffl. Grundl., S. 36.) Chr. = Chromosomen. *1* Mutterzelle mit ruhendem Kern. *2* Paarweise Absonderung der Chr. *3* Lagerung der Chr. auf eine Seite, Verdichtung des übrigen Kerninhaltes um dieselben, Bildung eines Knäuels „Sinapsis“ (Moore). *4* Aussonderung von feinen, aus Chr. bestehenden Doppelfäden, Streckung und *5* Verdickung der Fäden. In den Fäden liegen ♀ und ♂ Chromosomen einander gegenüber. *6* Trennung der verschmolzenen aus Chr. bestehenden Fäden, scheinbare Längsspaltung der Chr., *7* Querteilung des Fadens, Zerfall desselben in Stücke, „Gemini“, deren jedes aus zwei nebeneinander liegenden, sich umwindenden Chr. besteht. *8* Wirkliche Längsspaltung eines jeden der Chr., Verkürzung und Verdickung der Chr-Paare, Stützung derselben an der Kernwand, „Diakinese“. *9* Schwinden der Kernwand, Bildung einer multipolaren Spindel. *10* Veränderung der Spindel zu einer bipolaren. In der Mitte Kernplatte (Doppelchr.). *11* Ganze bisher zu Paaren vereint gewesene (vorbereitend gespaltene) Chr. werden von den Spindelfasern erfaßt und zeigen ein mehr oder minder vollständiges Auseinanderweichen ihrer Längshälften (V-Figuren). *12* Ganze Chr., halbe Gemini, mit ihren beiden Längshälften werden auf die neuen Kerne verteilt, Tochterkerne gebildet. Erste Kernteilung, heterotypische, vollzogen, Zellen mit einfacher Chr.-Zahl erhalten. Reduktion der Chromosomen vollendet. *13*, *14* Vorhandene (in 8 gebildete) Längshälften der Chr. (Tochterchr.) paarweise in die Kernspindeln gereiht. *15* Die Tochterchromosomen werden getrennt, auseinandergezogen und — *16* auf die jetzt neugebildeten (Enkel-)Kerne verteilt. Die zwei zweiten, homöotypischen Kernteilungen vollzogen, Geschlechtszellen gebildet.

Eizelle enthält ebenso viel Chromosomen wie die Körperzellen, aber je ein Chromosom vom Vater und ein zugehöriges, homologes Chromosom von der Mutter. Waren die Pflanzen, zwischen welchen eine Befruchtung eintrat, verschieden veranlagt, so wird es auch die befruchtete Eizelle und die aus ihr erwachsende Pflanze sein, und man nennt beide dann heterozygotisch, im Gegensatz zu Zygoten und Pflanzen, welche aus Geschlechtszellen entstanden sind, die einheitlich veranlagt waren, homozygotisch sind; dabei wird die Veranlagung immer nur für eine Anlage für sich beurteilt: es kann eine Pflanze für diese heterozygotisch, für eine andere oder viele andere homozygotisch sein, und umgekehrt.

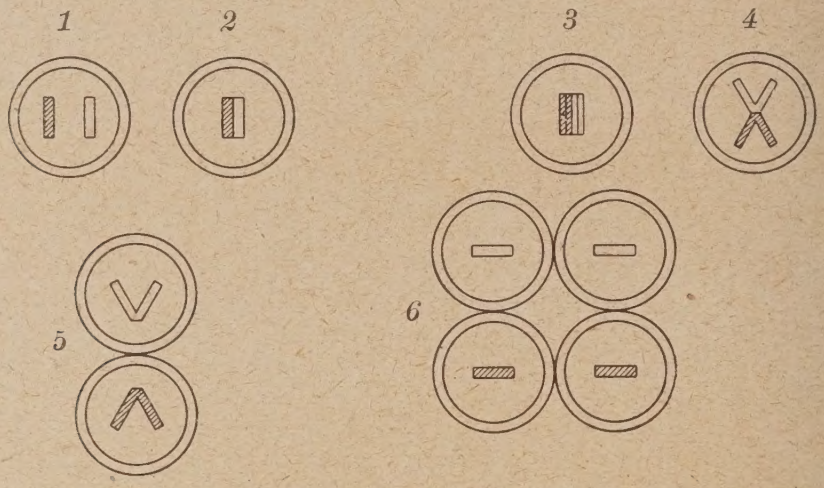


Abb. 8. Schematische Darstellung der Verteilung der Chromosomen bei der Geschlechtszellenbildung.

Die Teilungsvorgänge sind nach Strasburgers Erklärung zugrunde gelegt. Annahme ist, daß der Kern der vegetativen Zelle nur zwei Chromosomen, ein ♀ und ein ♂, besitzt. ▨ = ♀, ▯ = ♂ Chromosom, großer Kreis = Zelle, kleiner innerer Kreis = Zellkern. *1* Zwei Chromosomen, *2* Vereinigung je eines ♀ und eines ♂ Chromosom in den Prophasen der heterotypischen Teilung, *3* vorbereitende Längsspaltung eines jeden der vereinigten Chromosomen ohne Trennung der Spalthälften, *4* und *5* heterotypische Kernteilung, Reduktion der Zahl nach. Die Spalthälften sind nicht Chromosomhälften, sondern ganze, vorbereitend gespaltene Chromosomen (siehe *3*), *6* die zwei homöotypischen Zellteilungen, die zu den vier Gonen führen.

II. Weiteres über Chromosomen, Chromomere.

Würde jedem Chromosom die Anlage für eine Eigenschaft entsprechen, so könnten nur so viele Eigenschaften in Erscheinung treten, als bei der Art Chromosomen vorhanden sind, oder doppelt so viel, da man nach allen Befunden annehmen muß, daß zumeist nicht nur das Vorhandensein einer Anlage bei einem Elter, sondern auch das, was man — nach der heute noch meist verwendeten Hypothese von Vorhandensein und Fehlen — bei dem anderen Elter als ihr Fehlen bezeichnet,

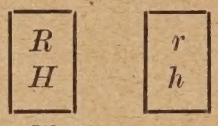
eine Eigenschaft in Erscheinung treten läßt. Da bei vielen Pflanzen die Zahl der beobachteten Eigenschaften aber größer als die doppelte Zahl der Chromosomen ist, muß man annehmen, daß ein Chromosom auch mehrere Anlagen in sich bergen kann, deren jede einem Teilchen desselben, einem Teil eines Chromomers entspricht, von welch letzteren die in einem Chromosom befindlichen zumeist zusammenbleiben. So sind bei Erbse nach der letzten Zusammenfassung, die White gab, bisher schon 70 sichtbare Eigenschaften untersucht worden, welchen nach obigen Annahmen, über welche wir erst bei Bastardierung weiter reden können, 35 Anlagen entsprechen. Da nun bei Erbse nur sieben Chromosomen vorhanden sind, müßten diese Anlagen in sieben Gruppen vereint sein, derart, daß innerhalb jeder der einem Chromosom entsprechenden Gruppen die Anlagen immer zusammen übergehen. Festgestellt ist ein solches Zusammenbleiben bei Erbse allerdings erst für einige wenige Anlagen (drei Gruppen).

Die Anlagen, Faktoren, Gene bei verschiedenartig veranlagten (heterozygotischen) Individuen gehören paarweise zusammen: Anlagenpaare. Das eine Individuum besitzt den einen Paarling, das andere den anderen. Dabei gehen die Vorstellungen von den Anlagen auseinander.

Nach der eben erwähnten Hypothese vom Vorhandensein und Fehlen steht der Anlage in dem einen Individuum ein Fehlen der Anlage in dem anderen Individuum gegenüber. Nach der Annahme der Morganschen Schule dagegen jeder Anlage in dem einen Individuum eine Anlage in dem anderen. Bei Beschreibung der Veranlagung, wie wir solcher in der achten Vorlesung begegnen werden, bezeichnet man bei Verwendung der ersten Hypothese mit einem großen Buchstaben das Vorhandensein, mit einem kleinen das Fehlen einer Anlage. Nach geschlechtlicher Vereinigung zweier verschieden veranlagter Individuen wirkt in der nächsten Generation in vielen Fällen nur die Anlage, die als Vorhandensein einer Anlage bezeichnet worden ist. Bei Verwendung der zweiten Annahme ist die Buchstabenbezeichnung dieselbe, aber man stellt sich zwei Anlagen vor, nicht Anlage und Fehlen und gibt den großen Buchstaben jener Anlage, die sich in der ersten Generation nach Bastardierung als die stärkere erweist.

Bei der Nebeneinanderlagerung der Chromosome von Vater und Mutter bei der Reduktionsteilung, von der wir heute gesprochen haben, liegen auch die Chromomeren der homologen

Chromosomen einander gegenüber. Sind die Pflanzen nun heterozygotisch, so ergibt sich dann bei z. B. nur zwei Anlagenpaaren, die z. B. rote Blüte, weiße Blüte — hohe Pflanzen, niedere Pflanzen bedingen, und bei Verwendung der eben besprochenen Buchstabenbezeichnung für die Anlagen, die Vorstellung:



Die Individualität der Chromosomen bleibt im allgemeinen erhalten, aber eine Reihe von Erscheinungen der Anlagenübertragung läßt eine Erklärung zu, welche auch gelegentlichen Austausch zwischen den Chromomeren verschiedener zusammengehöriger, homologer Chromosomen oder Wanderung eines Chromomers aus einem Chromosom in ein anderes Chromosom annehmen läßt.

Von Morgan wird bei Vorhandensein von Chromosomen mit verschieden veranlagten Chromosomen ein solcher Austausch von Anlagen angenommen, der unmittelbar nach der Synapsis, einem Schritt vor der Reduktionsteilung, eintritt. Zu dieser Zeit findet man die homologen, nebeneinanderlagernden Chromosomen oft paarweise verschlungen. Die Annahme geht nun dahin, daß die Trennung von väterlichen und mütterlichen Chromosomen dann nicht immer mit Unversehrtheit derselben erfolgt, sondern auch so, daß oft ein Teil des einen Chromosomes zu dem anderen tritt, und umgekehrt: „crossing over". Trifft die Deutung dieses Vorganges zu, so ist die Möglichkeit gegeben, daß Anlagen, die durch verschiedene in einem Chromosom vorhandenen Chromomeren vertreten sind, durch solche Auswechslung von Chromosomenteilen voneinander getrennt werden.

Aber auch wenn die vom Vater und die von der Mutter stammenden Chromosomen gleich veranlagt sind, kann an das Entstehen einer Verschiedenartigkeit derselben gedacht werden, wie Lotsy zeigte. In einem früheren Schritt bei der Synapsis, vor der Reduktionsteilung (s. Abb. 7), in welchem die Chromosomen hintereinander zu einem Faden geordnet sind, kann bei dem Zerfall des Fadens ein Chromomer des vorangehenden Chromosomes zum folgenden kommen oder umgekehrt: „intranucleaire cruising".

Wir dürfen nun nicht darüber hinweggehen, daß manche Forscher aber auch gegen die hier verwendete Verknüpfung der Erscheinungen, die bei den Vorgängen der Zellteilung und

Chromosomenverteilung beobachtet worden sind, mit den Erscheinungen, welche über die Verteilung der Eigenschaften bei den Nachkommen verschieden veranlagter Individuen beobachtet wurden, Stellung genommen haben.

Die Deutung der morphologischen Vorgänge der erwähnten Art sind in letzter Zeit aber immer besser begründet worden. So haben die Versuche von Pascher, Renner und Bally die heute erwähnte Annahme der gleichmäßigen Verteilung der verschieden veranlagten Chromosomen unmittelbar bewiesen, und die Untersuchungen Morgans bei der Tau- oder Obstfliege haben selbst dazu geführt, für die Anlagen im einzelnen Chromosom bestimmte Plätze zu finden.

Die Feststellung der gleichmäßigen Verteilung der verschieden veranlagten Chromosomen ist nachzuweisen, wenn Pollenkörner und Eizelle oder doch eine dieser Geschlechtszellenarten oder die beiderlei Chromosomen verschieden aussehen. Ersteres trifft schon zu bei der in den Versuchen Paschers verwendeten Pflanze Chlamydomonas — die Schwärmer derselben sind gleich den Geschlechtszellen höherer Pflanzen —, aber auch bei der von Renner benützten höher organisierten Pflanze Oenothera. Letzteres bei der in der dritten Vorlesung erwähnten Bastardierung höher organisierter Pflanzen: Aegilops ovata × Triticum sativum. Die Pollenzellen unterscheiden sich bei den miteinander bastardierten Oenotheren durch die Form der Stärkekörner: groß, spindelig bei der einen, klein, walzlich bei der anderen Form. Die entstehende Bastardpflanze zeigt uns die regelmäßige Verteilung der männlichen und weiblichen Chromosomen, indem von den Pollenkörnern die eine Hälfte große, spindelige, die andere kleine, walzliche Stärkekörner besitzt.

Wenn zwei Eigenschaften bei geschlechtlicher Vereinigung zweier verschieden veranlagter Pflanzen in den Individuen der Nachkommenschaft sich immer miteinander vereint zeigen, so spricht man davon, daß diese Eigenschaften korrelativ verbunden, verkoppelt sind, sagt richtiger, daß ihre Anlagen verkoppelt sind. Eine solche Koppelung kann entweder eine absolute sein, wenn die Anlagen im selben Chromomer liegen, oder aber kann sie eine relative sein. In letzterem Fall werden einzelne Individuen die Koppelung nicht zeigen. Die Lösung der Koppelung, die dabei eintreten muß und die durch crossing over erklärt wird, wird seltener eintreten, wenn die betreffenden Anlagen im Chromosom näher beieinander liegen, da dann das Abreißen eines Chromosomenstückes nicht so leicht zwischen

den zugehörigen Chromomeren stattfinden wird, öfter, wenn sie weiter voneinander liegen. Aus der beobachteten Häufigkeit der Lösung einer Koppelung schloß nun Morgan auf die örtliche Lage der zugehörigen Chromomeren im Chromosom (Topographie der Chromosomen). Trat die Lösung öfters ein, so wurden die betreffenden Chromomeren als weiter voneinander entfernt angenommen.

Winkler ist es bei Tomaten und Nachtschatten gelungen, in vegetativen Zellen durch künstliche Eingriffe eine Vermehrung der Chromosomenzahl zu erzielen. Da die Pflanzen, welche derart vermehrte Chromosomenzahl enthielten, abweichenden (Riesen-) wuchs zeigten, spricht auch dieser Befund für die Beeinflussung der Gestaltung einer Pflanze durch ihre Chromosomen.

Wenn man sich daher früher damit begnügte, den Kern der befruchteten Eizelle als Sitz der Anlagen zu betrachten, welche von den Eltern oder dem Elter auf die Nachkommen übergehen, so kann man heute diesen Sitz weiter auf die Chromosomen des Kernes einengen, und zwar auf die färbbare Substanz derselben, das Karyotin (Lundegardh), das schwächer färbbare Fäden, Linin (Schwarz) und stärker färbbare Körnchen, Chromatin (Flemming) umfaßt.

Die von zwei verschieden veranlagten Individuen bei der Befruchtung überlieferten Anlagen können in dem entstehenden Individuum, wenn die entsprechenden Außenbedingungen vorhanden sind, bestimmte Eigenschaften bewirken. Eine solche Bewirkung kann in der Weise erfolgen, daß die Anlage in dem nach der Bastardierung erwachsenden Individuum voll zur Ausbildung kommt oder aber, beeinflußt von der Beschaffenheit des homologen Chromosoms des anderen Elters — dem Fehlen der Anlage für die bestimmte Eigenschaft in diesem —, nur teilweise. In letzterem Fall erscheint die volle Wirkung der Anlage und ihres Fehlens erst, nachdem bei der Geschlechtszellenbildung die Verteilung der Chromosomen stattgefunden hat, in der nächsten Generation, also an F_2 Individuen.

Eine Anlage — ein Faktor, ein Gen — kann eine sichtbare Eigenschaft bewirken oder mehrere solche. Besonders der letztere Fall ist häufig, worauf Morgan nach seinen Versuchen mit der Taufliege, Heribert Nilsson nach jenen mit Weiden nachdrücklich hingewiesen haben. Es können aber auch zwei Anlagen dazu nötig sein, damit eine sichtbare Eigenschaft in Erscheinung tritt. Endlich kann von mehreren Anlagen jede

für sich dieselbe Eigenschaft bewirken, und zwar derart, daß jede einzelne dasselbe Ausmaß dieser Eigenschaft bedingt, oder aber daß, mit Zunahme der zusammengehörigen Anlagen, das Ausmaß dieser Eigenschaft steigt. Alle diese Verhältnisse sind erst durch die Bastardierungsforschung erschlossen worden und werden erst in den betreffenden Vorlesungen (acht, neun, zehn) dem Verständnis nahegerückt werden. Heute sei, da wir das Beispiel des Verhaltens der Blütenfarben der Erbsensorten mehrfach in den folgenden Vorlesungen verwenden, nur die Anführung einiger Tatsachen gestattet [1]).

Bei Erbsensorten ist eine Anlage vorhanden, die allein die äußere Eigenschaft Rosablüte bewirkt, eine zweite, die allein nichts bedingt. Beide Anlagen zusammen lassen die äußere Eigenschaft Violett- oder Rotblüte erscheinen. Wir haben demnach hier den Fall, daß eine Anlage eine Eigenschaft bewirkt, sowohl wie jenen, daß eine Anlage keine Wirkung zeigt, sowie daß zum Erscheinen einer Eigenschaft zwei Anlagen notwendig sind. Wir haben weiter heute schon davon gesprochen, daß man — auch als Ergebnis der Bastardierungsforschung — annimmt, daß je einer Anlage eine Beschaffenheit des zugehörigen Chromosomes der anderen Elternpflanze gegenübersteht, die man als Fehlen der Anlage bezeichnet, und daß auch dieses „Fehlen" einer Anlage eine sichtbare Eigenschaft bewirken kann. So steht im Beispiel dem Vorhandensein der beiden Anlagen, die für Rotblüte nötig sind, ihr „Fehlen" gegenüber, und diese Beschaffenheit bedingt Weißblüte.

Einen Fall, in welchem eine Anlage mehrere äußere Eigenschaften bedingt, finden wir bei schmalblätteriger Lupine, bei welcher eine Anlage die Blaufärbung der Blüten und die Violettfärbung der Keimpflanzen bedingt.

Fälle, in welchen für eine äußere Eigenschaft mehrere gleichsinnig wirkende Anlagen nötig sind, wurden von Nilsson-

---

[1]) Ein schwedischer Forscher Tedin, der sich eingehendst mit Erbse befaßt hat, gelangte zu einer anderen Vorstellung von der Veranlagung der Blütenfarbe. Er fand eine lichtpurpur blühende Erbse, die, nach Bastardierung mit einer weißblühenden, in der zweiten Generation nicht wie bis dahin bei solcher Bastardierung immer rot-, rosa- und weißblühende lieferte, sondern purpur- (bisher allgemein immer violett oder rot genannt), violett-, rosa-, lichtpurpur- und weißblühende. Wir gedenken dieses Ergebnisses nur deshalb, weil darauf verwiesen werden soll, daß wir der Einfachheit halber noch die frühere Erklärung verwenden, die sich auf Farbtafeln leichter darstellen läßt und bis zum Auffinden der erwähnten Sorte auch allgemein galt.

Ehle beim Weizen erschlossen. Für die rote Kornfarbe sind drei Anlagen vorhanden, von welchen jede einzelne und alle zusammen rote Farbe ergeben, während das Fehlen aller weiße erscheinen läßt. Besonders Leistungseigenschaften werden oft von mehreren gleichsinnig wirkenden Anlagen bedingt.

Darüber, wie die Anlagen auf die Zellen und weiter auf die ganze Pflanze wirken, können wir uns verschiedene Vorstellungen machen, deren Richtigkeit sich bisher nicht überprüfen ließ. Man hat die Anlagen als Mikroben aufgefaßt, man hat Übertritt von Teilchen der Anlagen aus dem Kern in das Plasma und dort erfolgendes Wirken angenommen. Die Einwirkung der Anlagen hat man — wenn man nur die physikalisch-chemischen Erklärungsversuche ins Auge faßt — sowohl mechanisch als — näherliegend — chemisch (enzymatisch, autokatalytisch) zu deuten versucht. Insbesondere hat man sie mit phosphorreichen Eiweißverbindungen, den Nukleoproteiden, in Beziehung zu setzen versucht, welche das Karyotin — wenn auch nicht ausschließlich — aufweist.

Vierte Vorlesung.

Die genealogische, die biologische und die vegetative Linie, Populationen, Sorten.

Der dänische Botaniker Johannsen hat den Begriff Linie eingeführt und dadurch wesentlich zur Klärung von Fragen der Vererbung und Züchtung beigetragen. Die sämtlichen bei Selbstbefruchtung gewonnenen Pflanzen einer selbstbefruchteten homozygotischen Ausgangspflanze bilden zusammen eine Linie, die man, um Verwechslungen vorzubeugen, eine reine Linie im Sinne Johannsens oder eine genealogische Linie nennen kann.

Shaw an der Versuchsstation zu Amherst (Mass.) ist von zehn Erbsenpflanzen ausgegangen und hat bei diesen Ausgangspflanzen und ihren sämtlichen in vier Jahren bei Selbstbefruchtung gewonnenen Nachkommen die Achsenlänge und Hülsenzahl festgestellt. Ich gebe Ihnen die von Shaw gefundenen Zahlen für Achsenlänge und füge ihnen Ordnungszahlen bei:

Ausgangspflanze	Länge in cm	Mittel der Achsenlänge in cm für alle Nachkommen				
		1908	1909	1910	1911	1908—11
A	70 10	40 6	42 5	52 9	43 8	44,2 9
B	53 1	30 1	36 1	46 8	36 1	37,0 2
C	64 6	47 10	60 10	71 10	55 10	58,3 10
D	57 3	38 5	47 8	43 5	41 6	43,3 7
E	68 8	33 2	37 2	43 5	37 3	37,5 4
F	63 5	41 7	49 9	38 3	41 6	42,3 6
G	69 9	43 8	46 6	43 5	43 9	43,8 8
H	61 4	34 3	41 4	35 2	39 5	37,3 3
J	65 7	37 4	39 3	33 1	36 1	36,3 1
K	55 2	45 9	46 6	38 3	38 4	41,8 5

Die Zahlen lassen erkennen, daß die Nachkommenreihen, die von den Pflanzen A, C, D, F, G abstammen, was Länge der Achsen betrifft, entschieden besser sind als jene, die von den Pflanzen B, E, J abstammen, während die von den Pflanzen H und K stammenden Reihen Mittelstellung einnehmen. Da es sich bei Erbse um Selbstbefruchtung handelt, sind diese Nachkommenreihen Linien im Sinne Johannsens. Das Beispiel zeigt uns daher für eine Eigenschaft das kennzeichnende Verhalten solcher Linien: Die Eigenschaften, welche solche Linien in einem Jahr voneinander unterscheiden, unterscheiden sie auch in anderen Jahren. Diese Konstanz der genealogischen Linie, die von Johannsen durch zahlreiche Messungen der Samen einiger Generationen von Fisole zuerst klargelegt worden ist, wurde seither für verschiedene Eigenschaften und verschiedene Pflanzen von einer Reihe von Forschern bestätigt. Sie ging auch schon aus meinen von 1898—1904 innerhalb einer genealogischen Linie der Erbse geführten Ausleseversuchen zur Steigerung der Hülsenzahl und des Kornprozentanteiles hervor. Auch für einen niederen Organismus, der Protozoë Paramaecium hat Jennings schöne Belege gleicher Art geliefert.

Die Nachkommenreihen A—K sind — wir haben es festgestellt — Linien im Sinne Johannsens, aber es sind zugleich auch Linien im systematischen Sinn, biologische Linien, Kleinformen, Biotypen, Lebenstypen. Diese Bezeichnungen haben sich für solche Formenkreise von Selbstbefruchtern eingeführt, die sich innerhalb von Formenkreisen unterscheiden lassen, deren Individuen keine deutlichen äußeren Unterschiede untereinander aufweisen, während die Formenkreise sich von-

einander aber durch verschiedene Mittel von Leistungseigenschaften trennen lassen.

Ein ungezüchteter Bestand von selbstbefruchtenden Pflanzen entspricht nahezu ausnahmslos einem Gemisch von genealogischen Linien. Greift man aus diesem zwei Individuen heraus, und tritt, wie bei Erbse ja mit allergrößter Wahrscheinlichkeit anzunehmen ist, so wie bei ihren Vorfahren, Selbstbefruchtung ein, so bildet jedes dieser zwei Individuen mit seinen weiteren Nachkommen, wie bereits gesagt, eine genealogische Linie. Jede dieser Linien kann auch einer biologischen Linie entsprechen; es ist aber ebenso auch möglich, daß zufällig beide Individuen einer solchen, in der Population durch viele Individuen vertretenen, biologischen Linie angehören.

Auch bei Pflanzen, welche ständig vermehrt werden, kann man von Linien sprechen. Ich bezeichne das, was der genealogischen Linie bei Pflanzen mit Fortpflanzung entspricht, als vegetative Linie (Klon Webbers).

Bei einem Selbstbefruchter oder einer immer vermehrten Pflanze ist es sehr wohl möglich, wenn auch nicht häufig, daß ein Formenkreis, wie er im Saatgutverkehr als Züchtungssorte vorkommt, nur einer genealogischen wie biologischen bzw. nur einer vegetativen Linie entspricht, insbesondere bei gezüchteten Sorten. Bei einem Fremdbefruchter ist dieses auch nach länger fortgesetzter Züchtung sehr unwahrscheinlich, sonst nie der Fall, da bei einem solchen ja ständig wechselseitige Befruchtungen und damit Anlagenmischungen zwischen den verschiedenen Individuen vorkommen.

Solche geschlechtlichen oder ungeschlechtlichen Gemische von Linien, aber auch Gemische von äußerlich unterscheidbaren Formenkreisen, die man botanisch als Varietäten oder als diesen gleichwertige kleine Arten auffaßt, nennt man Populationen (Johannsen).

In Landwirtschaft, Obst- und Gartenbau verwendet man ganz allgemein den Begriff Sorte, den wir in der heutigen Vorlesung bereits gebraucht haben. Schon aus diesen Ausführungen geht hervor, daß eine Sorte gleich einer Linie oder gleich einem Liniengemisch sein kann. Aber darüber hinaus kann sie selbst eine Population aus kleinen Arten und deren Linien oder geschlechtlichen Liniengemischen sein. Man denke nur an Landsorten.

Als solche Landsorten werden Formenkreise oder fast immer Formenkreisgemische verstanden, die seit ungemein vielen

Generationen in einer bestimmten Gegend ohne züchterische Beeinflussung gebaut wurden. Wenn Landsorten allgemein als besonders wertvoll hingestellt werden, so folgt man dabei nur einem Schlagwort. Sie bringen, wie Lemmermann gezeigt hat, unter ungünstigen Ernährungsverhältnissen auch nicht allgemein besseren Erfolg als Züchtungssorten. Landsorten haben, als Gemische von Formenkreisen, den Vorteil für sich, den allgemein Gemische besitzen. Landsorten können unter Umständen, als Gemische meist vieler Formenkreise, für die Züchtung brauchbares Ausgangsmaterial liefern. Die Züchtung sondert eben die in denselben enthaltenen Formenkreise aus. Einzelne Landsorten können aber auch als solche schon wertvoll sein. Bei Landsorten, die in Gegenden entstanden sind, welche durch die natürlichen Verhältnisse in ganz bestimmter Weise gekennzeichnet sind, sind die Individuen durch diese natürlichen Verhältnisse stark beeinflußt worden. Es können beispielsweise solche, welche ihren Anlagen nach wenig frosthart sind, durch starke Fröste, die in der Gegend oft herrschen, getötet werden. Dadurch können bei Selbstbefruchtern ganze Varietäten oder doch ganze Linien aus der Sorte ausgeschieden werden, bei Fremdbefruchtern allmählich geschlechtliche Mischungen solcher. Dadurch kann aber wieder die Landsorte, trotz noch immer bestehender Zusammensetzung aus Formenkreisen, doch durch bestimmte Eigenschaften, zum Beispiel durch größere Frosthärte, gekennzeichnet und so wertvoller sein. Für das Saatenanerkennungswesen verdienen nur solche Sorten Beachtung, nicht jedes ungezüchtete Formengemisch, wenn solches auch dem theoretischen Begriff Landsorte entspricht. Populationen, wie man sie bei landwirtschaftlichen Kulturpflanzen als Landsorten bezeichnet, findet man auch bei nicht der Züchtung unterworfenen Garten- und Waldpflanzen. Auch bei diesen lassen sich Individuen herausgreifen, deren Nachkommen sich bei einzelnen Eigenschaften verschieden verhalten, so z. B. bei Waldpflanzen bezüglich Laubausbruch, Aufbau der Verästelung und dergleichen.

Der Ursprung der meisten Züchtungssorten geht auf Landsorten zurück, aber keineswegs nur auf solche der Gegend des Zuchtortes (Lokalzüchtung). So läßt sich eine Reihe von bekannten Haferzüchtungen (Beseler I., II., III., Friedrichswerther, Anderbecker, Sperlings Sinslebener, Brandts Gretchen usw.) auf die Landsorte Probsteier Hafer zurückführen, wie Zade auch durch serologische Untersuchungen nachwies, und die

Landsorte Hanna Gerste hat den Ausgang für eine Anzahl von Züchtungssorten geliefert. Das, was aus einer Landsorte durch Ausscheidung von Individuen oder Formenkreisen durch den Menschen entsteht, ist Züchtungssorte. Ebenso ist Züchtungssorte das Ergebnis einer künstlichen Bastardierung verschiedener Formenkreise, gleichgültig, ob diese aus Züchtungs- oder Landsorten stammen. Gleichfalls als Züchtungssorten sind Formenkreise aufzufassen, die von spontanen Variationen ihren Ausgang nehmen.

Fünfte Vorlesung.

Modifikabilität, Individuum und Nachkommenschaft.

Die genealogischen Linien, die in der letzten Vorlesung vorgeführt wurden, haben bei der betrachteten Eigenschaft ihre Konstanz nicht in der Weise gezeigt, daß die Länge der Achse aller Pflanzen einer Linie in allen Jahren oder selbst in einem Jahre die gleiche war; ja nicht einmal das Verhältnis zwischen dem Mittel der Leistung der Nachkommen in einer Linie zu jenem der Nachkommen der anderen Linie blieb in allen Jahren ganz das gleiche. Anders wäre das Verhalten gewesen, wenn wir beispielsweise die Blütenfarbe oder die Hülsenfarbe in einer solchen genealogischen Linie bei Erbse verfolgt hätten. Da hätten wir nur sehr selten und auch nur unwesentliche Abstufungen in der Färbung wahrgenommen. Aber auch äußere Eigenschaften können innerhalb einer genealogischen Linie bei den einzelnen Individuen in einem Jahr und bei den Mitteln mehrerer genealogischer Linien in verschiedenen Jahren ein solches quantitatives Schwanken zeigen, wie wir es bei Achsenlänge in den erwähnten Versuchen Shaws mit Erbse kennen lernten. So beispielsweise bei Hafer die Begrannung der unteren Blütenspelze oder die Behaarung des Spelzengrundes, zwei Eigenschaften, deren Verhalten in reinen Linien ich durch mehrere Jahre verfolgt habe, und bei welchen es nicht nur in der genealogischen Linie, sondern auch in der einzelnen Pflanze nie zur vollen Ausbildung der Eigenschaft Begrannung oder Behaarung kommt, sondern immer nur zur Erzielung eines Prozentanteiles begrannter oder behaarter Außenkörner.

Viel seltener ist bei äußeren Eigenschaften eine qualitative

Änderung. Es sind da eben wohl wesentlich stärkere Eingriffe notwendig, um die Anlage zu veranlassen, sich in anderer Weise zu äußern. Die nesselblätterige Glockenblume unserer Gebüsche, Campanula Trachelium, die im Freien — von sehr seltenen Ausnahmen abgesehen — dunkelblau blüht, brachte Klebs dadurch dazu, weiß zu blühen, daß er sie bei höherer Wärme im Glashaus blühen ließ. Gleiches läßt sich bei violett blühendem Flieder durch Verbringen in ein Warmhaus erzielen. Daß weißblühende Hortensien in manchen Heideerden blau blühen, ist den Gärtnern seit langem bekannt. Molisch hat gezeigt, daß Zusatz von Alaun oder Aluminiumsulfat zur Erde auch diese Farbenänderung bewirken kann.

Theoretisch sollten alle Nachkommen einer Pflanze einer genealogischen Linie oder jene einer vegetativen Linie das gleiche Ausmaß aller Leistungseigenschaften zeigen, und das Verhältnis zwischen dem Ausmaß verschiedener Linien sollte in allen Jahren das gleiche bleiben. Daß dieses nicht der Fall ist, das ist die Folge verschiedenartiger Einwirkung äußerer Verhältnisse auf die Pflanzen. Solche äußere Einwirkungen beginnen schon auf der Mutterpflanze und lassen sich bei Selbstbefruchtung und Vermehrung ungestört verfolgen. Hauptsächlich infolge verschiedener Ernährungsverhältnisse wird der Embryo — oder bei Vermehrung das einzelne Vermehrungsorgan — auf derselben Pflanze etwas verschieden ausgebildet. Die erwachsende Pflanze findet immer, selbst wenn man sie unter den scheinbar einheitlichsten Verhältnissen heranwachsen läßt, auch auf kleinstem Raum sehr verschiedene Verhältnisse bei Wasser-, Licht-, Nährstoffversorgung. Oft erheblich größere Verschiedenheiten wirken, wenn ein Jahr mit dem anderen verglichen wird.

Die Pflanze erhält, wie wir in der dritten Vorlesung gesehen haben, Anlagen übermittelt. Ob und wie sich diese Anlagen entfalten, hängt von den äußeren Verhältnissen ab. Alle höher organisierten Pflanzen haben die Anlage für Chlorophyllbildung, wenn aber eine Pflanze bei völligem Ausschluß von Licht erwachsen muß, so wird sie in der kurzen Zeit, während welcher sie unter solchen Verhältnissen überhaupt wachsen kann, kein Chlorophyll bilden. Ebenso kann, bei den im Beispiel genannten Pflanzen Glockenblume und Flieder, die Anlage zur Blau- oder Violettfärbung der Blüten diese Farbe nicht erscheinen lassen, wenn die Wärmeverhältnisse nicht die geeigneten sind.

Aber nicht das völlige Unterbleiben der Entfaltung einer Anlage oder, wie in den zuletzt erwähnten Fällen, das Erscheinen einer ganz neuen Modifikation, ist die Regel, sondern die leichtere Beeinflussung, Modifikation ihrer Wirkung. Dieser Modifikabilität sind nicht alle Eigenschaften in gleichem Grad unterworfen, sondern, wie wir schon gesehen haben, Leistungseigenschaften in weit höherem Grad als Formeigenschaften. Außergewöhnliche Beeinflussungen, wie sie in der Natur auf den gewöhnlichen Standorten der Pflanze nicht zur Geltung kommen, lassen besonders auffallende Modifikationen erscheinen, wie uns schon die Beispiele der Glockenblume, des Flieders, der Hortensie gezeigt hat. So hat Klebs auch bei einer Hauswurzart, Sempervivum acuminatum, eine große Anzahl von auffallenden Modifikationen durch scharfe Eingriffe erzielt. Solche scharfe Eingriffe können auch durch schmarotzende Pilze bewirkt werden. Denken Sie nur an eine Wolfsmilchpflanze, die vom Erbsenrost Uromyces Pisi de By befallen ist; sie ähnelt einer normalen Wolfsmilch kaum mehr.

Das, was die Modifikation von der Variation scheidet, ist das Fehlen der Erhaltung der Änderungen, die durch Modifikationsursachen bedingt werden, in der Generationenreihe. Jede der mehrfach erwähnten genealogischen Linien der Erbse bringt in jedem Jahr längere und kürzere Individuen hervor, aber wenn Sie ein langes und ein kurzes Individuum in einem Jahr herausgreifen und die Nachkommen desselben im nächsten Jahr beurteilen, so wird deutlich erscheinen, daß das lange Individuum nicht nur lange, das kurze nicht nur kurze Individuen hervorgebracht hat, sondern jedes wieder lange und kurze, die zusammen ein Längenmittel ergeben, das dem typischen der Linie entspricht. Ebenso werden die Nachkommen einer Glockenblume, einer Fliederpflanze, die, wie erwähnt, im Warmhaus weiß abblühte, oder jene einer Hortensie, die nach Alaunzusatz blau blühte, wieder normal, also blau bzw. violett bzw. weiß blühen, wenn sie unter normalen Verhältnissen erwachsen.

Das, was wir eben gehört haben, ist von grundlegender Wichtigkeit bei der Durchführung der Züchtung: nicht das Individuum läßt erkennen, was an Anlagen in ihm vorhanden ist, sondern erst seine unmittelbaren Nachkommen, die Nachkommenschaft und die weiteren Nachkommen. Die „Schale verhüllt den Kern“, das Modifikationskleid des Individuums verhüllt, welcher Anlagenbestand in dem Individuum vorhanden ist. Wir werden später bei Bastardierung erkennen,

daß — auch abgesehen von Modifikabilität — erst die Nachkommenschaft das Individuum richtig beurteilen läßt, da beispielsweise von zwei rotblühenden Individuen der Erbse das eine nur rot-, das andere weiß- und rotblühende, ein drittes rot- und rosa-, ein viertes rot-, rosa- und weißblühende Nachkommen liefern kann.

Sechste Vorlesung.

Vererbung.

Mehrfach ist in den vorangegangenen Vorlesungen davon gesprochen worden, daß bestimmte Eigenschaften, die bei der Mutterpflanze erschienen, auch bei den Pflanzen der Nachkommenschaft derselben sich zeigten. Wir können da nun das Wort Vererbung einführen, erinnern uns aber daran, daß es nach dem in der dritten Vorlesung Ausgeführten nicht die Eigenschaften sind, die vererbt werden, sondern die Anlagen, und daß nach dem in der eben vorangegangenen Vorlesung Ausgeführten die Entfaltung der von den Anlagen bedingten Eigenschaften von äußeren Verhältnissen beeinflußt wird. Daß neben solcher eigentlichen Vererbung, neben der sichergestellten Vererbung von Anlagen durch die Chromosomen auch noch eine Vererbung durch Bestandteile außerhalb des Kernes erfolgt, ist nicht erwiesen. Wenn man den Übertritt von Plastiden der Mutter in die Eizelle als Vererbung und nicht nur als Übertragung betrachtet, dann wäre eine solche allerdings durch Correns bei weißbuntkranker Wunderblume nachgewiesen; es handelt sich dabei aber eben nicht um Vererbung von Anlagen, sondern, wie Correns zeigte, um unmittelbare Übertragung von sich weiter vervielfältigenden Plastiden. Weißbunte ♀ geben mit gesunden (grünen) sowie kranken ♂ geschlechtlich vereint immer weißbunte Pflanzen, gesunde Mütter mit gesunden wie kranken ♂ immer gesunde Pflanzen.

Von voller oder reiner Vererbung sprechen wir, wenn alle Individuen einer Nachkommenschaft die Eigenschaft im gleichen Ausmaß wie bei der Mutter zeigen oder es doch unserem Auge so erscheint, als ob das Ausmaß das gleiche wäre. So blühen alle Nachkommen einer rotblühenden Erbse, wenn diese nur die beiden Anlagen für Rotfärbung der Blüten besitzt, rot.

Wenn diese rotblühende Erbse aber künstlich mit Blütenstaub einer bestimmt veranlagten weißblühenden Erbsenpflanze bestäubt worden wäre, so hätte zwar die Nachkommenschaft auch rot geblüht, aber jedes selbstbefruchtete Individuum dieser Nachkommenschaft würde bei einem Teil seiner Nachkommen Rotblüte, bei einem anderen Teil Weißblüte erscheinen lassen, bei Bastardierung mit einer bestimmten anders veranlagten weißen selbst rot-, rosa- und weißblühende Nachkommen liefern. Warum dies der Fall ist, und warum die Zahl der rotblühenden Pflanzen zur Zahl der weißblühenden in einem bestimmten Verhältnis steht, das wird erst zu besprechen sein, wenn die Bastardierung erörtert wird. Hier nur so viel, daß eine Vererbung, bei welcher ein Teil der Nachkommen die eine, der andere die andere Eigenschaft zeigt, eine teilweise Vererbung, eine Nachkommenschaft, die derartiges Verhalten nach einer Bastardierung zeigt, eine spaltende genannt wird. Teilweise Vererbung zeigt sich auch in Formenkreisen, die man nach de Vries Zwischenrassen (besser -Varietäten) oder nach Kleebahn umschlagende Sippen nennt. Bei solchen Formenkreisen besteht die Eigentümlichkeit, daß entweder jedes Individuum in seinen verschiedenen Teilen von zwei Eigenschaften die eine oder die andere erscheinen lassen kann, oder aber — und da handelt es sich um teilweise Vererbung — daß es in seiner Nachkommenschaft bei einem Teil der Individuen die eine, bei einem anderen die andere zeigt. Ersterer Fall ist beispielsweise bei einem Formenkreis von tatarischem Buchweizen Polygonium tataricum von Zinn festgestellt worden. Jedes Individuum dieses Formenkreises weist einzelne Blüten mit mehr Kelchblättern, mehr Fruchtknotenblättern, dann Bildung von mehr als einem Fruchtknoten und mehr als einer Frucht in der Blüte auf. Sowohl Früchte von derartig abweichenden Blüten als solche von normalen Blüten liefern Pflanzen, die genau dieselben Abweichungen zeigen. Ein Beispiel für den zweiten Fall hat eine von mir durchgeführte Vererbungsuntersuchung eines Formenkreises von weißem Senf Sinapis alba gebracht, bei welchem immer Individuen vorhanden sind, die nur normale gelbe, solche, die nur braune, und solche, die gelbe und braune Samen bringen, und auch wieder Pflanzen einer jeden dieser drei Ausbildungsarten die Eigentümlichkeit vererben. Solche Vererbung bei Zwischenvarietäten kann, wie de Vries schon gezeigt hat, auch in der Weise auftreten, daß die Abweichung zwar immer wieder, aber doch sehr selten auf-

tritt. So fand ich von zwei Linien von zweizeiliger Gerste eine, die immer wieder einzelne Individuen mit Mißbildungen der Basalborste zeigt.

In dem in der letzten Vorlesung angezogenen Beispiel von Hafer haben wir endlich eine dritte Art von Vererbung kennen gelernt. Nur wenige Individuen einer Nachkommenschaft einer Linie mit starker Begrannung werden untereinander gleiches prozentisches Ausmaß an begrannten Außenkörnern aufweisen. Es wird Pflanzen mit mehr und solche mit weniger Prozenten begrannter Körner geben, aber das mittlere Ausmaß einer Nachkommenschaft einer genealogischen Linie, die für Begrannung hochprozentig ist, wird in den einzelnen Jahren annähernd in gleichem Maß von dem mittleren Ausmaß einer Nachkommenschaft einer niedererprozentigen abstehen, wenn die verschiedenen Nachkommenschaften unter annähernd den gleichen äußeren Bedingungen erwuchsen. Wir haben verhältnismäßige Vererbung vor uns, wie wir einer solchen auch in dem in der letzten Vorlesung besprochenen Beispiel der Erbsenlinien begegnet sind. Diese Vererbungsart unterscheidet sich innerlich nicht von voller, reiner Vererbung, die Anlagen sind in beiden Fällen unverändert übertragen worden, aber bei verhältnismäßiger Vererbung liegt eine Eigenschaft zugrunde, welche stärker der Modifikabilität unterworfen ist.

Das, was bisher von den Arten der Vererbung gesagt worden ist, bezieht sich immer auf die sichtbare Vererbung, entspricht Genophänovarianten Johannsens, also der unter gegebenen äußeren Verhältnissen zutage tretenden Wirkung von Anlagen.

Es ist aber auch möglich, daß Anlagen übertragen werden, ohne zunächst zur Entfaltung zu kommen. Ich habe das unsichtbare Vererbung genannt. Eine Pflanze, welche dieser unterworfen ist, entspricht dem, was Johannsen eine Genovariante nennt. In dem eben zweiterwähnten Fall der rotblühenden Erbse, die nach einer Bastardierung mit einer bestimmten weißblühenden in der folgenden Generation rotblühende Pflanzen, in der nächsten Generation rot-, rosa- und weißblühende lieferte, haben wir einen Fall solcher unsichtbaren Vererbung. Auch jene Beschaffenheit eines Chromosomenteiles, die man als „Fehlen“ der betreffenden Anlage bezeichnet, ist für beide Anlagen für Rotfärbung übertragen worden; sie wirkt aber in dieser Generation nicht, wird unsichtbar vererbt; ihre Wirkung erscheint erst in der nächsten Generation, nach der Verteilung

der Chromosomen. Es gibt dann Pflanzen, die ♀ und ♂ Chromosomen enthalten, deren entsprechende Chromosomenteile für beide zur Rotfärbung notwendigen Anlagen die Beschaffenheit des „Fehlens" der Anlage aufweisen; diese Pflanzen werden weiß blühen. Es gibt dann solche, welche nur Chromosomen mit der einen Anlage für die Rotfärbung besitzen, welche allein nichts bewirkt; auch diese werden weiß blühen. Weiter werden solche Pflanzen vorhanden sein, welche nur Chromosomen enthalten, welche die andere Anlage für Rotfärbung enthalten, die allein Rosablüte bewirkt, und diese werden rosa blühen, und die Mehrzahl der Pflanzen, jene mit beiden Anlagen für Rotfärbung, von ♀ und ♂ Chromosomen, wird rot blühen.

Manche Formenkreise, die bei ständiger Selbstbefruchtung eine bestimmte Eigenschaft voll vererben, können plötzlich eine neue Eigenschaft zeigen. So können rosablühende Erbsen rotblühende Nachkommen liefern. Die Erklärung für den Fall dieses Beispiels, die v. Tschermak gab, geht dahin, daß die zwei Anlagen, die bei Erbse zur Entstehung der Rotblüte nötig sind, nicht immer zusammenwirken, sondern sowohl Zusammenwirken, Assoziation, als Fehlen desselben, Dissoziation, eintreten kann. Die rosablühende Erbse des Beispiels war danach für Rotblüte veranlagt; die eine Anlage für Rotblüte wirkte aber nicht, wurde unsichtbar vererbt, und erst in einer späteren Generation wirkte sie mit der anderen zusammen (Assoziation), so daß — ohne daß wir die eigentliche Ursache kennen, plötzlich, „spontan" sagt man — Rotblüte entstand.

Der Erscheinung der unsichtbaren Vererbung gehören auch jene Fälle an, in welchen ein Formenkreis eine Anlage enthält, die allein keine sichtbare Eigenschaft bewirkt, wohl aber nach Bastardierung mit einem anderen Formenkreis, der die zweite dazu nötige Anlage führt. So gibt eine weißblühende Erbse, welche die eine Anlage für Rotblüte enthält, nach Bastardierung mit einer rosablühenden, welche die andere Anlage enthält, rotblühende Nachkommen.

Formen, welche Anlagen mit sich führen — unsichtbar vererben —, die erst nach zufälligem Zusammenwirken mit anderen mitgeführten oder nach Hinzutritt anderer Anlagen nach Bastardierung zu sichtbaren Eigenschaften führen, nennt v. Tschermak kryptomer.

Nach dem, was wir über die Rolle des Kernes und speziell der Chromosomen bei der Vererbung wissen, werden wir uns

jetzt auch eine Ansicht über Vererbung bei Apogamie, Parthenogenesis und Pfropfung bilden können. Bei den beiden ersten Vorgängen erfolgt keine Vereinigung zweier verschieden veranlagter Geschlechtszellen, bei Pfropfung und dem besonderen Fall der Chimärenbildung ist bisher auch keine Vereinigung zweier vegetativer Zellen beobachtet worden. Wir werden annehmen müssen, daß bei Apogamie und Parthenogenesis die Eigenschaften des Individuums, von dem die Zelle stammt, welche das neue Individuum entwickelt, auch bei diesem sich unverändert zeigen werden, und daß bei Pfropfung und Chimärenbildung Reis und Unterlage je ihre Eigentümlichkeit behalten. Das wird nun auch durch die Tatsachen bestätigt. Bei Chimären wird nach einer Befruchtung das neue Individuum jenem entsprechen, welches in der Chimäre die Zellschicht unter der Epidermis gebildet hat, da aus dieser Schicht die Geschlechtszellen entstehen. Nun hat man allerdings bei Pfropfung gewisse Einflüsse von Unterlage auf Reis beobachtet und in der Gärtnerei benutzt (Herbwerden der Birnen bei Pfropfung auf Weißdorn, Steinigwerden bei solchen auf Felsenmispel, größere Üppigkeit bei Pfropfung europäischer Reben auf amerikanische), aber solche Beeinflussungen erstrecken sich nicht auf die Vererbungssubstanz, sind Modifikationen, die durch Einwirkung der Pfropfstelle auf Nahrungszufuhr und durch Verschiedenartigkeit der Stoffbewegung in Reis und Unterlage bedingt sind. Daß bei Vermehrung wie bei Pfropfung und Chimärenbildung volle, reine Vererbung die Regel ist, wird dadurch bedingt, daß ja nur ein Teil der Pflanze weiterwächst und ein neues Individuum bei Vermehrung, einen Teil eines Individuums bei Pfropfung bildet. So wie in der Regel eine Pflanze, die für sich weiterwächst, ihre Eigenschaften überall beibehält, so werden auch abgetrennte weiterwachsende Teile derselben es tun. Freilich, jene Änderungen der Vererbungssubstanz, deren Folgen wir in der nächsten Vorlesung als Knospenvariationen kennen lernen werden, können auch da vorkommen. Bei einzelnen Arten sind sie seltener, so bei der Kartoffel, bei anderen häufiger, so, nach den Untersuchungen Stouts, bei der Zierpflanze Coleus.

Die ganze Frage der Vererbung erworbener Eigenschaften, die für die Entwicklungsgeschichte große Bedeutung besitzt — Lamarckismus und Neolamarckismus — interessiert den Züchter weniger, da jedenfalls das eine feststeht, daß kürzer dauernde Einwirkung veränderter äußerer Verhältnisse,

wie sie für die Durchführung züchterischer Arbeit in Frage kommt, nicht imstande ist, bei höherstehenden Pflanzen, wie es unsere Kulturpflanzen sind, erbliche Abänderungen zu schaffen.

Nur ein Beispiel für viele. Bei Weizen besitzen wir bekanntlich Formenkreise, welche, bei späterer Saat im Frühjahr, nicht oder nicht vollständig die Ähren zum Ausschoßen bringen, aber tiefe Wintertemperaturen ohne zu erfrieren überstehen: Winterweizen, und andere, welche, im Herbst gesät, unter unseren mitteleuropäischen Wintern — von außergewöhnlich milden abgesehen — erfrieren: Sommerweizen, endlich solche, die, sowohl im Herbst als im Frühjahr gesät, normale Entwicklung eintreten lassen: Wechselweizen. Nun hatte ich 1909 die Körnerernte einer Ähre von böhmischem Wechselweizen in zwei Teile geteilt, den einen Teil im Herbst 1909, den andern im Frühjahr 1910 gesät und die weitere Nachkommenreihe nach erzwungener Selbstbefruchtung immer weiter, je bei Herbst- bzw. bei Frühjahrssaat, erzogen. Auch bis heute ist durch diese einseitig fortgesetzte Saatart keine Anpassung, keine erbliche Änderung eingetreten. Bei einheitlicher Frühjahrs- oder einheitlicher Herbstsaat von Samen von bisher ständiger Frühjahrs- und solchen von bisher ständiger Herbstsaat ist in der Entwicklung kein Unterschied zu merken; der Weizen ist der Wechselweizen geblieben, der er vor zehn Jahren war.

Siebente Vorlesung (Doppelvorlesung).

Variabilität.

I. Vielförmigkeit und Variabilität. Die individuelle kleine Variabilität.

Man hört oft sagen, die Art Erbse ist sehr variabel, die Art Roggen nicht. Das ist eine unrichtige Verwendung des Wortes Variabilität, wie uns sofort klar wird, wenn wir daran denken, daß Variabilität ja doch Veränderlichkeit bedeutet. Gerade bei Erbse wissen wir aber, daß — infolge der Selbstbefruchtung — die Ungestörtheit der Anlagen die Regel ist, bei Roggen dagegen — infolge der ständigen Mischung von Anlagen durch die Fremdbefruchtung — die Veränderung derselben. Die Erbse ist also nicht variabel, der Roggen nicht wenig variabel; wohl aber ist die Art Erbse vielförmig, die Art Roggen wenigförmig. Haben wir so die Vielförmigkeit von dem Begriff Variabilität

ausgeschieden, so ist es noch notwendig, einen weiteren, uns aus der fünften Vorlesung bekannten Begriff auszuscheiden, der oft, auch heute noch, in jenen der Variabilität aufgenommen wird, den Begriff der Modifikabilität.

Es bleibt demnach für Variabilität eine solche Veränderung von Eigenschaften, die durch Änderung im Anlagenbesitz bedingt ist, demnach auch vererbt wird. Damit haben wir allerdings nur die sichtbare Variabilität gedeckt, mit der es der Züchter zu tun hat. Es ist natürlich auch möglich, daß eine Veränderung im Anlagenbesitz eintritt, ohne daß dies eine Wirkung äußert. Gleich der unsichtbaren Vererbung kann auch eine unsichtbare Variabilität eintreten.

Innerhalb der sichtbaren Variabilität hat man, teils nach der Ursache derselben, teils nach den betroffenen Eigenschaften, weitere Unterscheidungen gemacht. Man spricht von individueller kleiner Variabilität, von spontaner Variabilität morphologischer Eigenschaften, Linienmutabilität, Variabilität nach Bastardierung und allgemeiner Variabilität. Wie wir sehen werden, ist der erstgenannte Begriff nicht scharf zu umschreiben, und ob der letztgenannte tatsächlich der Variabilität angehört, ist noch immer fraglich.

In dem Erbsenbeispiel, das nach Shaw in der vierten Vorlesung gebracht worden ist, haben wir gesehen, daß einzelne genealogische Linien, die zugleich biologische Linien sind, sich voneinander durch die Mittel für bestimmte Leistungseigenschaften erblich, wenn auch nur verhältnismäßig, unterscheiden können. Dadurch, daß wir von Mitteln gesprochen haben, ist ja schon gesagt, daß sich die einer solchen Linie in einem Jahr angehörenden Individuen voneinander, auch untereinander, durch das Ausmaß der betreffenden Eigenschaft unterscheiden werden. Haben wir nun eine Population eines Selbstbefruchters vor uns, so wird diese aus Angehörigen einer Anzahl von Linien gemischt sein, und das mittlere Ausmaß der betreffenden Eigenschaft in dieser Population wird aus den Mitteln für die einzelnen Linien gebildet werden, welche Mittel sich wieder aus den Unterschieden zwischen den Individuen der betreffenden Linien ergeben. Alle solche Schwankungen im Ausmaß der betrachteten Leistungseigenschaft bezeichnet man meist, auch heute noch, als individuelle kleine Variationen. Tatsächlich sind es aber, wie in unserem Beispiel, Modifikationen und Variationen. Die einzelnen Individuen einer Linie sollten zwar in einem Jahr das gleiche Ausmaß für eine betrachtete Leistungs-

eigenschaft zeigen, die fünfte Vorlesung hat uns aber darüber unterrichtet, daß dies nicht der Fall ist, und daß — trotz gleicher Veranlagung — durch die immer, auch auf kleinstem Raum, vorhandenen Verschiedenheiten äußerer Verhältnisse jene Schwankungen im Ausmaß bedingt werden, die man als Modifikationen bezeichnet. Daß aber die Individuen einer Linie sich von jenen einer anderen durch Verschiedenheit der Mittel des Ausmaßes einer Eigenschaft unterscheiden, ist durch Veranlagung bedingt; diese Unterschiede sind variativ. Bei einem Fremdbefruchter liegt die Sache anders; bei einem solchen können wir nicht von Linien sprechen. Auch bei ihm müssen einmal erbliche Unterschiede in der Veranlagung entstanden sein. Sowie aber ein solcher erblicher Unterschied bei einem Individuum auftrat, wurde er sofort wieder verändert, da das Individuum bei geschlechtlichem Zusammentritt mit einem anderen, nicht veränderten seinen Anlagenbestand mit jenem des anderen Individuums mischte. In beiden Fällen, bei Entstehung von Unterschieden der Veranlagung und bei Mischung von Anlagenbeständen, haben wir Variabilität wirksam. Aber so wie bei Selbstbefruchtern wirken ja auch bei Fremdbefruchtern die äußeren Verhältnisse auf die Entfaltung der Anlagen ein; wir haben also auch da außerdem Modifikabilität. Während aber bei Selbstbefruchtern die Nachkommenbeurteilung einen Vergleich der Linienmittel und dadurch eine Scheidung der Wirkung der Modifikabilität von jener der Variabilität zuließ, ist eine solche Scheidung bei Fremdbefruchtern nicht möglich.

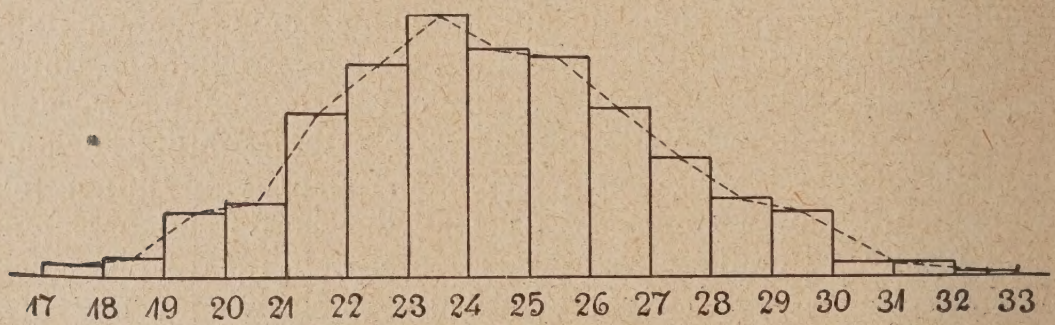


Abb. 9. Variabilitätspolygon und -kurve.

Wenn man die individuellen kleinen Varianten innerhalb einer reinen Linie gruppiert — wir wissen, daß es sich da um Modifikationen handelt —, so zeigt sich, daß besonders hohes und besonders niederes Ausmaß selten, mittleres Ausmaß am häufigsten ist. Vereinigung nur günstiger oder nur un-

günstiger Verhältnisse, welche sehr hohes oder sehr niederes Ausmaß einer Modifikation bewirkt, ist eben selten; die durchschnittlichen Verhältnisse und damit das durchschnittliche Ausmaß sind am häufigsten. Aber nicht nur bei Modifikationen, auch bei Variationen, so bei den Mitteln, die für eine Eigenschaft für verschiedene Linien eines Selbstbefruchters berechnet werden, sind besonders hohe und besonders niedere Zahlen selten, mittlere Ausmaße am häufigsten, ebenso bei den Mitteln verschiedener Nachkommenschaften nach einer Bastardierung.

In den meisten Fällen entspricht die Verteilung der Varianten, die ganze Zahlen — wie bei der Zahl Blumenblätter — oder, der häufigere Fall, Klassenmittel — wie bei Höhe der Pflanzen — sind, dem Gesetz der großen Zahl, Quetelets Gesetz der zufälligen Ursachen. Derartige Verteilung kann auch in Kurven oder Polygonen dargestellt werden.

Für Länge von Feuerfisolensamen, die als kleine Individuen aufgefaßt werden können, zeigt Abb. 9 nach Johannsen das, am besten auf Millimeterpapier dargestellte, Variabilitätspolygon und die Variabilitätskurve. Die Senkrechten werden zur Darstellung des Polygons in untereinander gleichen Ab-

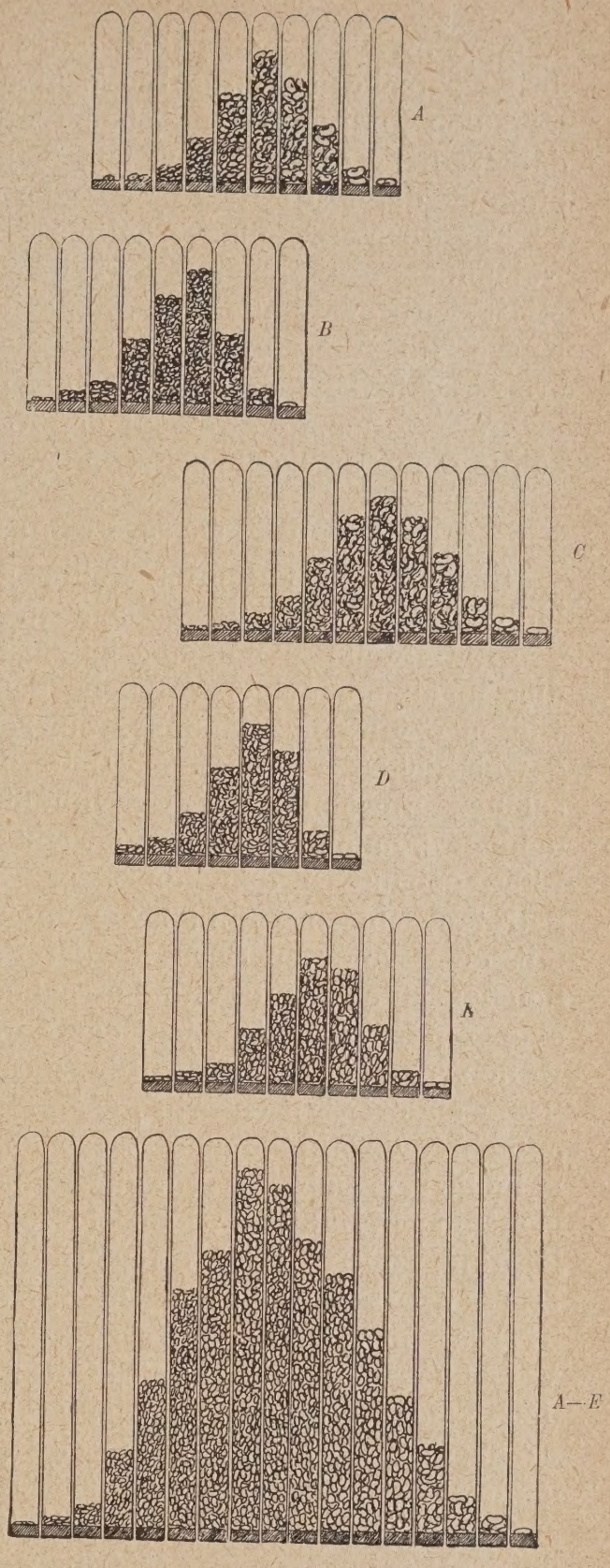


Abb. 10.
Individuelle quantitative Variabilität (richtig Modifikabilität) in fünf Linien (*A*, *B*, *C*, *D*, *E*) und in der aus denselben gebildeten Population *A*—*E* (unten). Die Klassen für Länge der Fisolensamen (letztere können als kleine Individuen betrachtet werden) sind um je 0,5 mm voneinander verschieden. Jeder Klasse entspricht eine Eprouvette mit den Samen dieser Klasse. (Aus Johannsen in „Fortschritt der naturw. Forschung" 1911, S. 85.)

ständen errichtet und geben die Klassengrenzen an; die Höhe der Rechtecke ist durch die Zahl der in die betreffende Klasse fallenden Individuen gegeben. Für je ein Individuum wird dabei ein bestimmtes Ausmaß, meist 1 mm, gewählt. Die Verbindung der Mittel der Rechtecke gibt die Kurve.

Für die Vererbungsverhältnisse sagt die Verteilung der Abweichungen in einer regelmäßigen Kurve wenig Maßgebendes. Meist wird man allerdings bei Mehrgipfeligkeit einer solchen Kurve auf eine Mischung verschieden vererbender Formenkreise schließen; es geht aber aus der Abb. 10 hervor, daß auch mehrere vermengte, verschieden vererbende Formenkreise eine eingipfelige Kurve liefern können.

II. Die anderen Formen der Variabilität.

In einem seit Jahren weiter gebauten Bestand von rosablühenden Erbsen, der seinen Ausgang von einem rosablühenden Individuum genommen hat, bemerkt man eines Tages, wie dies in einem meiner Versuche der Fall war, ein violett- oder, wie man dies meist nennt, ein rotblühendes Individuum. Im gewöhnlichen Wirtschaftsbetrieb wird man bei Auftauchen eines solchen abweichenden Individuums an mancherlei Ursachen denken können. Es kann, wenn andere Erbsensorten in der Nähe gebaut wurden, eine der seltenen Bastardierungen eingetreten sein, es kann aber auch eine mechanische Vermischung mit einer anderen Sorte in der Scheuer, auf dem Boden, in den Maschinen stattgefunden haben. Nun lag in unserem Fall aber eine reine genealogische Linie vor, und vielleicht, wir wollen es annehmen, wurde seit Jahren im weiten Umkreis keine andere Erbsensorte gebaut. Dann haben wir in der aufgetauchten rotblühenden Erbse einen Fall der spontanen individuellen Variabilität vor uns, und zwar sprechen wir, da es sich um eine äußere Eigenschaft handelt, von einer gewöhnlichen spontanen individuellen Variabilität größeren Umfanges oder einer spontanen individuellen Variabilität morphologischer Eigenschaften. Einen der Versuche einer Erklärung für dieses Auftauchen von rotblühenden Erbsen haben wir in der sechsten Vorlesung gehört. Die Erscheinung ist hier einzureihen, denn die Änderung des gegenseitigen Aufeinanderwirkens der beiden Anlagen — Assoziation statt Dissoziation — trat plötzlich, ohne erkennbare äußere Ursache, ohne Bastardierung, ein.

Solche auffallenden Erscheinungen können aber auch bei

Teilen einer Pflanze als partielle Variationen auftreten und werden dann als Knospenvariationen bezeichnet, wobei der Ausdruck natürlich nur dann zutrifft, wenn eine erbliche Wirkung in den geschlechtlichen Nachkommen des veränderten Zweiges zutage tritt. So hatte ich bei einer heterozygotischen Weizenpflanze, die der zweiten Generation nach einer Bastardierung angehörte, Halme mit begrannten und solche mit unbegrannten Ähren feststellen können, und v. Tschermak beobachtete bei gelbsamigen Erbsensorten in genealogischen Linien einzelne grüne Samen, die spontan variierten Samenknospen ihre Entstehung verdanken.

Von Baur sind bei einer Pflanze des Ziergartens, beim Löwenmaul, spontane individuelle Variationen morphologischer Eigenschaften auch nach Bastardierung, in der ersten Generation nach solcher, festgestellt worden.

Den spontanen Variationen morphologischer Eigenschaften, die bisher besprochen worden sind, ist die Auffälligkeit und das Plötzliche der Erscheinung sowie die Veränderung von nur je einer Eigenschaft eigen. Einem Teil solcher Variationen ist weiter sofortige volle Vererbung eigen, einem anderen teilweise.

Bei jeder spontanen Variation muß eine Änderung des Anlagenbestandes, und zwar ein Wegfall — der häufigere Fall — oder Gewinn einer Anlage oder eine Änderung einer Anlage, oder aber doch eine Trennung oder Zusammenfügung der Wirkung zweier Anlagen angenommen werden. Diese Veränderung kann nach dem, was wir über das Auftauchen von Eigenschaften in den Beispielen gesehen haben, während des vegetativen Lebens eintreten oder aber bei den Geschlechtszellen. In letzterem Fall können alle Geschlechtszellen in ihrem Anlagenbesitz geändert worden sein, und es wird dann bei Selbstbefruchtung, so wie nach Selbstbefruchtung bei einer wirklichen Knospenvariation, volle Vererbung eintreten. Nun hat das Verhalten der Nachkommenschaft einiger spontaner Variationen aber auch darauf schließen lassen, daß bei diesen nur ein Teil der Geschlechtszellen, aus welchen sie entstanden sind (vielleicht in Folge „intranukleairer kruising"), veränderten Anlagenbesitz aufwies. In diesem Fall wird die teilweise Vererbung in der Nachkommenschaft ebenso zu erklären sein wie nach einer künstlichen Bastardierung, da ja auch verschieden veranlagte Geschlechtszellen zusammentreten. Wie wir in den Ausführungen über Bastardierung sehen werden, sind in dem ent-

stehenden Individuum — das unserer spontanen Variante entspricht — die beiderlei Anlagen vorhanden und trennen sich gewöhnlich erst bei der Geschlechtszellenbildung, so daß dann eine teilweise Vererbung die Folge ist. Tritt die Trennung ihrer Wirkung aber früher ein, und wirkt in einem Teil die eine Anlage allein, wie in der Weizenpflanze meiner Versuche, von der ich heute sprach, so haben wir eine Knospenvariation, die in diesem Fall zugleich eine vegetative Spaltung ist.

In Fällen, in welchen das abweichende Individuum oder der abweichende Teil eines solchen eine Eigenschaft zeigt, von der man aus der Kenntnis der Entstehungsgeschichte der Form weiß, daß die Eigenschaft durch eine mehrere bis viele Generationen zurückliegende Bastardierung in die Form gelangte, spricht man auch als von Spätfolgen einer Bastardierung (v. Tschermak). Nachdem die Erscheinung aber mit normalen Spaltungserscheinungen nichts zu tun hat, die Merkmale einer spontanen Variation morphologischer Eigenschaften aber zutreffen, kann man auch in diesen Fällen diese Bezeichnung beibehalten.

Neben dem verhältnismäßig häufigsten Fall spontaner Variabilität, der Veränderung einer sichtbaren Eigenschaft, für welchen Beispiele bisher gegeben worden sind, treten bei äußeren Eigenschaften auch andere auf, die für die Züchtung von geringerer Bedeutung sind. Von diesen sei nur noch der Weißbuntblätterigkeit und der mehrseitigen Variationen gedacht.

Bei Weißbuntblätterigkeit besteht die Eigentümlichkeit nach den bisher beobachteten Fällen in dem plötzlichen Auftauchen von weißbunten Pflanzen in der Nachkommenschaft grüner Pflanzen und darin, daß die Abweichung nur von der Mutter überliefert wird: Übertragung.

Durch Häcker wurde darauf verwiesen, daß die Möglichkeiten bei spontaner Modifikabilität und spontaner Variabilität bei der einzelnen Art begrenzte sind. Alle Individuen einer Art besitzen Entwicklungsmöglichkeiten, von welchen einzelne nur unter besonderen Bedingungen zur Entfaltung kommen: Pluripotenz. Daß einzelne solcher Entwicklungsmöglichkeiten bei vielen Arten vorhanden sind, sehen wir beispielsweise bei der Eigenschaft der Chlorophyllosigkeit oder der Weiß- und Gelbbuntheit der Blätter. Chlorophyllosen Keimpflanzen, die nach Verbrauch der Speicherstoffe natürlich absterben müssen, begegnen wir bei Rotklee, Mais, Erbse, den Hauptgetreidearten usw., weiß- und gelbbunten Pflanzen bei Mais, Rotklee, Ackerbohne, Erbse, Gerste, aber auch bei vielen

wilden Pflanzen, wie Nessel, Huflattich, Wegerich, Nießwurz und anderen. Ebenso erscheinen bei Arten mit buntgefärbten Blüten spontan oft weißblühende Individuen, so bei schmalblätteriger Lupine, Rotklee, Esparsette, Wicken, den wildwachsenden Pflanzen Salbei, Glockenblume, Leberblume und anderen.

Der holländische Botaniker de Vries hatte 1886 auf einem Feld nächst Hilversum eine Anzahl Gartenflüchtlinge der aus Nordamerika stammenden Nachtkerzenart Oenothera Lamarckiana beobachtet und unter denselben abweichende Pflanzen gefunden. Er versetzte einige der normalen Pflanzen in den Garten und fand unter den nach Selbstbefruchtung derselben erhaltenen 15 000 Nachkommen auch zehn abweichende Pflanzen: fünf mit breiten Blättern und nur ♀ Geschlechtsteilen und fünf von kleinem Wuchs und mit Zwitterblüten. Weitere Beobachtung selbstbefruchteter Pflanzen brachte dann noch abweichende Pflanzen verschiedener Art zum Vorschein. Für alle diese Formen nahm de Vries plötzliches Entstehen aus unbekannter Ursache an, betrachtet sie demnach als das, was wir hier spontane Variationen morphologischer Eigenschaften genannt haben. Wir haben in diesen den zweiten der beiden Fälle, welche wir noch besprechen wollten, jenen mit mehrseitigem Variieren. Die Entdeckung dieser Varianten und ihres Verhaltens bei Bastardierung mit der Ausgangsform gab de Vries den Anstoß zum Aufbau seiner Mutationstheorie, welche die Entwicklungsgeschichte durch einzelne seltene derartige Variationen erklären will, für welche er den Namen Mutationen einführte, der heute vielfach auch für alle anderen spontanen Variationen verwendet wird, aber besser auf die besonderen Erscheinungen der Oenothera-Variationen beschränkt bleibt.

Die Entstehung dieser von de Vries bei Oenothera beobachteten abweichenden Pflanzen ist vielfach auch abweichend von der von de Vries gegebenen Erklärung begründet worden, und man hat sie insbesonders auf Bastardierung bei genetisch nicht reinem Ausgangsmaterial zurückzuführen versucht. Heribert Nilsson hat einzelne der Erscheinungen durch schöne Versuche auch tatsächlich auf Spaltungserscheinungen nach Bastardierung zurückführen können. Andererseits ist eine solche Zurückführung nicht für alle Eigenschaften gelungen. Von Bartlett wurde auch bei einer anderen Art der Nachtkerze, bei Oenothera stenomeres, spontane Variabilität von jener Art festgestellt, wie sie von de Vries für O. Lamarckiana an-

genommen wird, und zwar nach vier unveränderten Generationen einer reinen Linie dieser selbstbefruchtenden, praktisch bei geschlossener Blüte sich befruchtenden (kleistogamen) Art.

Für die praktische Pflanzenzüchtung ist die heute schon äußerst verwirrend gewordene Frage der Oenothera-Mutanten von keiner unmittelbaren Bedeutung. Es sei aber immerhin an dieser Stelle daran erinnert, daß die Mutationstheorie von de Vries die eine der drei wichtigsten Anregungen auf dem Gebiete der Vererbungsforschung gab und dieser Forscher auch, neben v. Tschermak und Correns, an der zweiten, an der Wiederentdeckung der Mendelschen Vererbungsgesetze, beteiligt ist, während die dritte, der Nachweis des Unterschiedes der Auslesewirkung in reinen Linien und Populationen, wie wir bereits sahen, von Johannsen geliefert worden ist.

Spontane Variationen können aber nicht nur bei äußeren Eigenschaften auftreten, wie solche bisher in dieser Vorlesung betrachtet worden sind, sondern auch bei quantitativ veränderlichen Leistungseigenschaften. Allerdings ist ihr Nachweis da weit schwieriger, noch mehr ihre Entdeckung im Züchtungsbetrieb. Johannsen hat uns mit einem Fall einer solchen bekannt gemacht:

In einer reinen Linie der Fisolensorte Prinzeß waren von den Samen einer Pflanze des Jahres 1903 vier gesät worden. Die Nachkommenschaft von drei der so 1904 erhaltenen Pflanzen zeigte die für die Linie typische mittlere Samengröße: Breite 9,009 ± 0,005, Länge 12,630 ± 0,008 mm, die Nachkommen der vierten dagegen eine abweichende mittlere Größe: Breite 9,996 ± 0,024, Länge 12,967 ± 0,039 mm. Es mußte daher an der Pflanze des Jahres 1903 eine Samenknospe oder der Embryo in dieser spontan variiert haben: spontane partielle quantitative Variabilität.

Derartige plötzliche Änderungen bei quantitativ veränderlichen Eigenschaften in Linien hatte ich als Linienmutationen bezeichnet; es genügt aber die Bezeichnung individuelle (oder partielle) quantitative spontane Linienvariabilität vollkommen.

Schon frühzeitig glaubte man das Auftreten spontaner Variationen durch Änderung äußerer Verhältnisse beeinflussen zu können. So nahm Knight günstige äußere Verhältnisse als fördernd an. Auch weiterhin erhielt sich die Ansicht von der Möglichkeit einer Beeinflussung. Man nahm sehr günstige Ernährungsverhältnisse (Korshinsky), Vereinigung besonders

günstiger mit sehr ungünstigen Wachstumsbedingungen (de Vries), Kälte-Wachstumsstörungen (v. Tschermak), besondere Ernährungsverhältnisse (Porsch), Wahl kleiner Samen (Bateson bei Erbse) als solche fördernde Einflüsse an. Weiterhin versuchte man auch künstliche, tiefergreifende Einwirkungen: Verletzungen zur Zeit des üppigsten Wachstums (Blaringhem, Klebs, Martinet), Verletzung embryonaler Gewebe (Baur), Einspritzungen von Farbstoffen, verdünnten Giftlösungen in den Fruchtknoten (MacDougal, Humbert, Kießling), Reizung durch Bakterien (van d. Wolk).

Keineswegs darf man, wie schon aus dem Ergebnis der Versuche der Genannten und aus jenem eigener Versuche mit zum spontanen Variieren geneigten Linien hervorgeht, erwarten, daß die günstigen Bedingungen die spontane Variation allgemein bewirken. Es kann sich nur um eine Auslösung der eigentlichen Ursachen der spontanen Variation handeln; denn auch in jenen seltenen Fällen, in welchen sich nach solchen Einwirkungen eine spontane Variation zeigte, war unter sehr vielen Individuen nur das eine oder andere variiert, und wenn durch die Einwirkung eine Modifikation verursacht wurde, war die etwa später erscheinende spontane Variation eine andere als die Modifikation.

Die eigentliche Ursache einer spontanen Variation, welche durch solche Einwirkungen ausgelöst wird, muß wohl in abweichender Verteilung der Chromosomen gesucht werden, die bei vegetativen Zellteilungen, besonders, wie Baur meint, in embryonalen Geweben, erfolgt oder bei den Reifungsteilungen eintritt, oder aber in verschiedener Verteilung der Chromomeren bei einem Vorgang, wie wir ihn als intranucleaire kruising in der dritten Vorlesung kennen gelernt haben, oder in Veränderung einzelner Chromomeren oder in dem, was v. Tschermak Spätfolgen einer Bastardierung nennt. Für spontan aufgetauchten Riesenwuchs hat man auch Vermehrung der für die Art typischen Chromosomenzahl als Ursache erkannt.

Als Beispiel der Erzielung einer spontanen Variation seien Versuche des Vorstandes der bayrischen Pflanzenzüchtungsstation Weihenstephan, Kießling, angeführt. Bei Pflanzen einer reinen Linie von Gerste wurden im Glashaus Verletzungen vorgenommen; nur eine der Pflanzen reagierte durch Erzeugung einer Mißbildung darauf; auch diese Mißbildung war nur modifikativ, wurde nicht vererbt. Bei einem anderen Versuch des Genannten wurde in die Fruchtknoten bei Pflanzen einer reinen

Linie von Gerste eine schwache Lösung von salpetersaurem Kali eingespritzt, und es wurden dabei drei Körner erhalten. Während zwei derselben Pflanzen lieferten, die normal grün waren, gab das dritte eine weißbunte Pflanze, und diese vererbte die Eigenschaft der Weißbuntheit weiter, wenn auch nicht voll, so doch teilweise, entsprechend einer Zwischenvarietät; es lag demnach Variation vor.

Zahlreiche Versuche wurden mit niederen Organismen, hauptsächlich Bakterien, aber auch Schimmelpilzen (Schiemann, Haenicke) zum Zweck der Hervorbringung erblicher Veränderungen angestellt. Bei diesen Organismen handelte es sich immer um Vermehrung, so daß Störungen bei den Reduktionsteilungen, da diese ja natürlich fehlen, nicht in Betracht kommen können und, — soweit Bakterien herangezogen werden — um Erzeugung neuer Individuen, welche von der Mutter einen erheblichen Teil ihres Körpers mitbekommen. Ein unmittelbarer Schluß von den Ergebnissen dieser Versuche auf das Verhalten höherer Organismen ist daher nicht zulässig. Bei diesen niederen Organismen hat man neben Modifikationen und Variationen durch die verschiedenen Einwirkungen: hohe Wärmegrade, Giftlösungen, verschiedene Nährböden, auch Zwischenstufen zwischen diesen Veränderungsformen erhalten: zuerst Erscheinen der Ausgangsform neben der Variante, später volle Vererbung der Variante — volle Vererbung durch mehrere Generationen, dann Zurückschlagen — Erscheinen weiterer Veränderungen — Wechsel zwischen voll und teilweise vererbenden Generationen.

Eine weitere Möglichkeit der Entstehung von Variationen bietet die Mischung von Anlagen nach geschlechtlicher Vereinigung zweier verschieden veranlagter Individuen, noch genauer zweier verschieden veranlagter Geschlechtszellen. Bei der geschlechtlichen Vereinigung zweier äußerlich verschiedener Formen, die wir als Bastardierung kennen gelernt haben, tritt Variabilität nach Bastardierung auf, und zwar sowohl solche bei äußeren Eigenschaften als auch bei quantitativ variablen Leistungseigenschaften. Letztere kann aber, das wollen wir nicht übersehen, auch nach Fremdbefruchtung zwischen Linien einer äußerlich einheitlichen Form auftreten, wenn diese bei solchen Eigenschaften verschieden veranlagt sind. Da es sich bei der Variabilität nach Bastardierung eben um verschiedenartige Mischung der Anlagen handelt, wurde dieselbe auch als

Kombination bezeichnet (Schinz, Baur). Sie ist von so hervorragender Wichtigkeit auch für den Züchter und bietet so viel interessante Einzelheiten, daß es notwendig ist, ihrer Besprechung einige eigene Vorlesungen zu widmen.

Als Modifikationen hatten wir Änderungen bezeichnet, die bei Eigenschaften durch äußere Verhältnisse bedingt und nicht vererbt werden. Nun ist die Zahl derjenigen nicht gering, die annehmen, daß derartige „erworbene" Eigenschaften, deren wir in der sechsten Vorlesung bereits gedacht haben, vererbt werden können, wenigstens dann, wenn die äußeren bedingenden Verhältnisse lange genug eingewirkt haben. Wir hätten dann allgemeine Variabilität, die bei allen Individuen unter den gleichen äußeren Verhältnissen in bestimmter Weise zum Ausdruck kommen, oder Variabilität, die nur bei einzelnen Individuen erscheinen würde. Da eine erbliche Änderung von Eigenschaften eine Änderung der Anlagen voraussetzt, so muß, wenn man diese Ansicht teilt, angenommen werden, daß die äußeren Verhältnisse unmittelbar die Anlagen oder mittelbar erst die Körperzellen und durch diese die Anlagen beeinflussen. Nach dem, was wir über Populationen und Linien erfahren haben, werden alle Versuche und Beobachtungen, welche eine solche Einwirkung nachweisen wollen, dann nicht als beweiskräftig bezeichnet werden müssen, wenn sie sich auf Populationen beziehen. In solchen Populationen können erbliche Veränderungen, die im Laufe der Zeit eintraten, ja einfach durch Ausscheidung von Linien mit bestimmter Veranlagung bewirkt worden sein.

Achte Vorlesung.

Variabilität nach Bastardierung. Qualitative Eigenschaften (einfache Fälle).

Im allgemeinen wird mit Bastardierung der Zusammentritt von Geschlechtszellen zweier äußerlich verschiedener Formen einer Art bezeichnet; handelt es sich aber um geschlechtliche Mischung zweier Arten, so spricht man von Artbastardierung. Jedoch genügt dies nicht. Die Unterschiede der äußeren Eigenschaften sind es nicht allein, sondern es sind vielfach nur quantitative, Leistungseigenschaften, in welchen sich die Ausgangs-

formen einer Bastardierung unterscheiden. Insbesondere bei vorgeschrittener Züchtung, bei Hochzüchtung von Selbstbefruchtern wird solches häufig sein. Infolge dieser Ungenauigkeit des allgemeinen Sprachgebrauches spricht E. v. Tschermak bei Bastardierung äußerlich einheitlicher Eltern, die zwei verschiedenen Linien angehören, von Linienbastardierungen. Vererbungswissenschaftlich und züchterisch ist jeder Zusammentritt von Geschlechtszellen, die sich auch nur bezüglich einer Anlage unterscheiden, Bastardierung[1]). Die genetische Grundlage ist uns doch nie in allen Teilen bekannt. Daher beziehen wir die Übereinstimmung bezw. Nichtübereinstimmung der Anlagen der sich vereinigenden Geschlechtszellen nur auf die von uns in jedem Einzelfall zum Gegenstand des Versuches und der Züchtung gemachten Eigenschaftsanlagen, ohne die übrigen Anlagen zu berücksichtigen. Unterscheiden sich die Geschlechtszellen bezüglich einer der ersteren, so wird die aus der Verschmelzung von Eikern und generativem Spermakern entstehende Zygote nicht einheitlich, sondern verschieden veranlagt sein; das aus ihr erwachsende Individuum ist heterozygot. Dies ist das Charakteristikum jeder Bastardierung. Die Heterozygotie kann sich auf eine Anlage beschränken (selten), alle Anlagen einer Eigenschaft erfassen (häufiger), sich auf Anlagen verschiedener Eigenschsften zugleich beziehen (sehr häufig) oder alle Eigenschaften umfassen (insbesondere bei Fremdbefruchtern die Regel).

Die Variabilität und Vererbung nach Bastardierung folgt unter einer Voraussetzung, die nie außer acht gelassen werden darf, ganz bestimmten Gesetzmäßigkeiten. Diese Voraussetzung besteht darin, daß die männlichen Gameten unter sich und die weiblichen Gameten unter sich gleich sein müssen. Die Elternpflanzen der Bastardierung müssen homozygot sein in bezug auf die Anlagen, deren Variabilität und Vererbung beobachtet werden soll.

Nur wenn Gleichheit der väterlichen Geschlechtszellen unter sich und der mütterlichen unter sich verbunden ist mit einem oder mehreren Unterschieden zwischen väterlichen und mütterlichen Gameten, gelten die Gesetzmäßigkeiten, die wir heute

[1]) Wenn die Einteilung der Vorlesungen nicht streng nach dieser Definition vorgenommen ist, so geschieht dies nur aus praktischen Gründen zwecks größerer Verständlichkeit. Streng genommen wäre z. B. Veredlungszüchtung von Fremdbefruchtern Bastardierungszüchtung.

als „Mendelismus“ bezeichnen, da sie 1865 von dem Augustinermönch Mendel in Brünn gefunden worden sind. 35 Jahre waren die Versuche und Schlußfolgerungen Mendels völlig vergessen. Erst seit 1900 ist, durch Correns, E. v. Tschermak, de Vries begonnen, die Vererbungswissenschaft auf der von Mendel geschaffenen Grundlage und Theorie rasch weiter entwickelt worden.

Sind die Eltern (P_1), sowohl die Mutter- ♀ als auch die Vaterpflanze ♂, homozygot, so sind die Nachkommen der Bastardierung (1. Filialgeneration = F_1) einander völlig gleich, weil sie alle genau gleiche Erbmasse führen. Die 1. Generation nach Bastardierung (F_1) ist erblich einheitlich. Die Unterschiede der F_1-Pflanzen sind somatisch, sind Modifikationen; ihr Ausmaß ist allein bedingt durch die Stärke äußerer Einflüsse. Die F_1 unterscheidet sich somit von reinen Linien zwar durch die Heterozygotie aller Pflanzen gegenüber der Homozygotie aller Angehörigen einer reinen Linie, sie hat aber mit diesen ausschließliches Auftreten von Modifikationen gemeinsam. East hat an Mais, Tine Tammes an Lein gezeigt, daß das Ausmaß der Modifikation in F_1 nach Bastardierung nicht größer war als in den Ausgangslinien. An sich können wir uns vorstellen, daß eine Eigenschaft bei einfacher Veranlagung (Heterozygoten) stärker modifiziert wird als bei doppelter Veranlagung (Homozygoten). Jedoch ist durch die Versuche von East und Tine Tammes zugleich festgestellt, daß die Einwirkung der Umwelt bei heterozygoten Pflanzen nicht größer ist als bei homozygoten. Dieser Gesichtspunkt sei deshalb besonders betont, weil er von praktischer Bedeutung ist, sobald wir die F_1 im großen anbauen. Solches ist bei vegetativer Vermehrung möglich; also bei Obst, Kartoffeln, Hopfen, Reben, Kautschuk, Zwiebeln (siehe Vorlesung 17).

Die äußere Erscheinungsform der F_1 ist bei der Betrachtung eines einzelnen Merkmales, wie z. B. Spelzenfarbe, Begrannung, Halmlänge oder Frühblüte, in sehr vielen Fällen eine Mittelstellung zwischen den beiden Eltern: intermediäre F_1 Generation, in anderen Fällen völlig gleich jener bei einem Elter: dominante Vererbungsweise. Einfache Veranlagung einer Eigenschaft bewirkt teils schwächere, teils gleich starke Ausbildung der äußeren Erscheinungsform wie doppelte Veranlagung. Im ersten Falle kommt Intermediärbildung in der F_1 zustande, wie Correns bei Mirabilis Jalapa, Hyoscyamus und Mais zuerst zeigte; daher auch Zea-Typus genannt (AA>Aa).

Bewirkt einfache Veranlagung gleiche äußere Entwicklung wie doppelte Veranlagung, so sind die F_1-Individuen äußerlich gleich den Angehörigen der einen Elternlinie, von diesen nicht zu unterscheiden (AA = Aa). Man sagt dann — nicht sehr glücklich — die eine Eigenschaft „dominiert", die andere ist „rezessiv". Dies wird als Pisum-Typus dem Zea-Typ gegenübergestellt, da Mendel bei seinen klassischen Erbsenbastardierungen grün × gelbkörnig rein gelbkörnige F_1 erhielt. Sehr selten sind an den einzelnen F_1-Individuen die Eigenschaften beider Eltern sichtbar. So gibt nackter × bespelzter Hafer F_1-Pflanzen, an denen nackte und bespelzte Früchte nebeneinander auftreten: das gleiche gilt für Gerste. Diese Erscheinung nennt man Mosaikvererbung.

Wichtig für die später zu besprechende Durchführung der Bastardierungszüchtung und für die sogleich zu erörternden Spaltungserscheinungen ist die Tatsache, daß bei intermediärer Vererbung die Heterozygoten von den Homozygoten schon äußerlich zu unterscheiden sind, im Gegensatz zum Pisum-Typus. Bei letzterem kann daher in den weiteren Generationen keine trennende Pflanzenauslese zwischen Homozygoten und Heterozygoten vorgenommen werden.

Die Bildung der Geschlechtszellen der F_1-Individuen einer Bastardierung erfolgt gemäß eines ganz bestimmten Gesetzes, das folgendermaßen formuliert sei:

Ein Individuum, das aus der Bastardierung zweier Eltern, die sich in n Anlagen unterscheiden, hervorgeht, bildet 2^n Arten männlicher und 2^n Arten weiblicher Geschlechtszellen, je in gleichem Mengenverhältnis.

Dieser Satz von der gesetzmäßigen Bildungsweise der Geschlechtszellen durch Bastarde ist der Angelpunkt der Variabilitäts- und Vererbungserscheinungen nach Bastardierung, des gesamten „Mendelismus".

Mendel hat dies aus seinen Versuchen schon gefolgert und als Theorie klar ausgesprochen. Diese Theorie ist heute durch Burgeff, Newell und Pascher an Hand von Versuchen mit haploid parthenogenetischen Individuen bewiesen. Gelingt es nämlich, Geschlechtszellen nach erfolgter Reduktionsteilung ohne Befruchtung soweit zur Entwicklung zu bringen, daß lebensfähige und fortpflanzungsfähige Individuen entstehen, so ist an diesen Individuen der Charakter der Gameten und damit die Gesetzmäßigkeit der Gametenbildung zu erkennen.

Bei haploider Parthenogenese entstehen Individuen, die personifizierte Gameten sind, Hartmann, Nachtsheim, Roemer. Im Pflanzenreich ist solches nur bei wenigen niederen Pflanzen möglich. Pascher hat mit Chlamydomonas, Burgeff mit Phycomyces experimentiert; leichter verständlich sind jedoch die Versuche mit Bienen, bei denen Newell zahlenmäßig die Spaltung haploider Nachkommen einer F_1-Königin nachwies. Die Eier, welche eine Bienenkönigin legt, gehen aus Eizellen, welche die Reduktionsteilung durchlaufen haben, hervor (Nachtsheim), sind zum Teil durch männliche Gameten befruchtet, zum Teil aber nicht befruchtet. Aus den befruchteten Eiern gehen Weibchen („Arbeiterinnen") hervor, aus den unbefruchteten aber nur Männchen („Drohnen"). Infolgedessen läßt sich aus der Zusammensetzung der Drohnennachzucht einer F_1-Königin erkennen, wieviele Arten von Gameten und in welchem Verhältnis diese gebildet werden. Die Auszählungen, die Newell an solchen Drohnennachzuchten vorgenommen hat, bestätigen, daß die Bildung der Gameten nach dem oben formulierten Satze erfolgt. Dieser ist daher heute keine Theorie mehr, sondern Tatsache. Während es bisher voreilig war, von den „Gesetzen" des Mendelismus zu reden, geschieht es heute mit vollem Recht.

Mit diesen Versuchen ist aber zugleich der Beweis erbracht, daß die Beschaffenheit der Gameten durch die Reduktionsteilung bewirkt wird, und damit weiterhin, daß die Chromosomen die Träger der nach Mendel vererbbaren — und damit der meisten — Eigenschaften sind.

Bally ist es zuerst gelungen, des Verhalten der mütterlichen oder väterlichen Chromosome während der Reduktionsteilung des Bastardes Triticum vulgare × Aegilops ovata mikroskopisch zu verfolgen. Triticum besitzt 8 kurze dicke, Aegilops 12 längere schlanke Chromosome. In der Reduktionsteilung des Bastardes lassen sich auf Grund der Formen und Größenunterschiede mütterliche und väterliche Chromosome wiedererkennen und weiterhin neben anderen Geschlechtszellen die Bildung von Pollenzellen mit reinem Triticum-Chromatin sichtbar nachweisen.

Auf Grund der zahlreichen Vererbungsversuche der letzten zwei Jahre haben wir die Erkenntnis gewonnen, daß bei Betrachtung eines Anlagenpaares ein Bastard nicht Gameten mit der väterlichen und der mütterlichen Anlage bildet, sondern Gameten, in denen entweder die väterliche oder die mütter-

liche Anlage vorhanden ist; daher wird dieser Grundgedanke der Vererbungslehre auch als der „Satz von der Reinheit der Gameten“ bezeicheet. Es muß hier aber scharf und klar durchdacht werden, daß sich dies nur auf die Betrachtung eines Anlagenpaares bezieht. Jedes Anlagenpaar ist eine selbständige Einheit, deren Verteilung auf die Gameten unabhängig von den zahlreichen anderen Anlagenpaaren erfolgt. Diese wichtige Tatsache ist in dem heute formulierten Satz der gesetzmäßigen Bildungsweise der Gameten durch Bastarde schon enthalten. Dies wurde von Mendel als Selbständigkeit der Eigenschaften bezeichnet und wird richtiger als Selbständigkeit der Anlagen bezeichnet. Es folgt hieraus, daß in den Gameten eines Bastardes zwar die zusammengehörigen Teile eines Anlagenpaares rein getrennt sind (Reinheit der Gameten), aber die Einzelteile verschiedener Anlagenpaare in jeder beliebigen Mischung innerhalb der Gameten auftreten. Ein Bastard bildet infolgedessen 1. Geschlechtszellen mit rein väterlichem Genenbestand, 2. Geschlechtszellen mit rein mütterlichem Genenbestand, 3. vorwiegend aber Geschlechtszellen mit verschiedenster Mischung väterlicher und mütterlicher Gene der einzelnen Merkmalspaare. Eine Einschränkung erfährt dies allerdings durch die Erscheinungen der Koppelung von Anlagen, die im zweiten Teil der dritten Vorlesung schon erwähnt und in der neunten Vorlesung noch weiter behandelt werden.

Der Zusammentritt der nach dem Gesetz gebildeten Gameten erfolgt nach den Gesetzen des Zufalls. Die Wahrscheinlichkeit gegenseitiger Verschmelzung zu Zygoten ist für alle Gametenarten gleich groß. Daher kann für jeden Einzelfall, sobald laut obigem Gesetz die Zahl der verschiedenen Gametenarten bekannt ist, die Häufigkeit der verschiedenartigen Verschmelzung berechnet werden, und damit die Zahl neugebildeter Zygoten mit verschiedenwertiger Veranlagung, womit weiterhin die Zusammensetzung und Variabilität der nächsten Generation (F_2) bekannt ist.

Wir wollen dies nunmehr an einem einfachen Beispiel verfolgen. Die Bastardierung einer weißblühenden mit einer blaublühenden schmalblättrigen Lupine (L. angustifolius) ergibt blaublühende F_1-Pflanzen. Wird die Anlage für blaue Blüte durch B bezeichnet, so wird b das Fehlen der Anlage, also weiße Blüte, anzeigen. Die F_1-Pflanzen Bb werden nun nach dem Gesetz bilden: Eizellen: B und b,
Pollenzellen: B und b.

Bild 1. Pisumtypus.

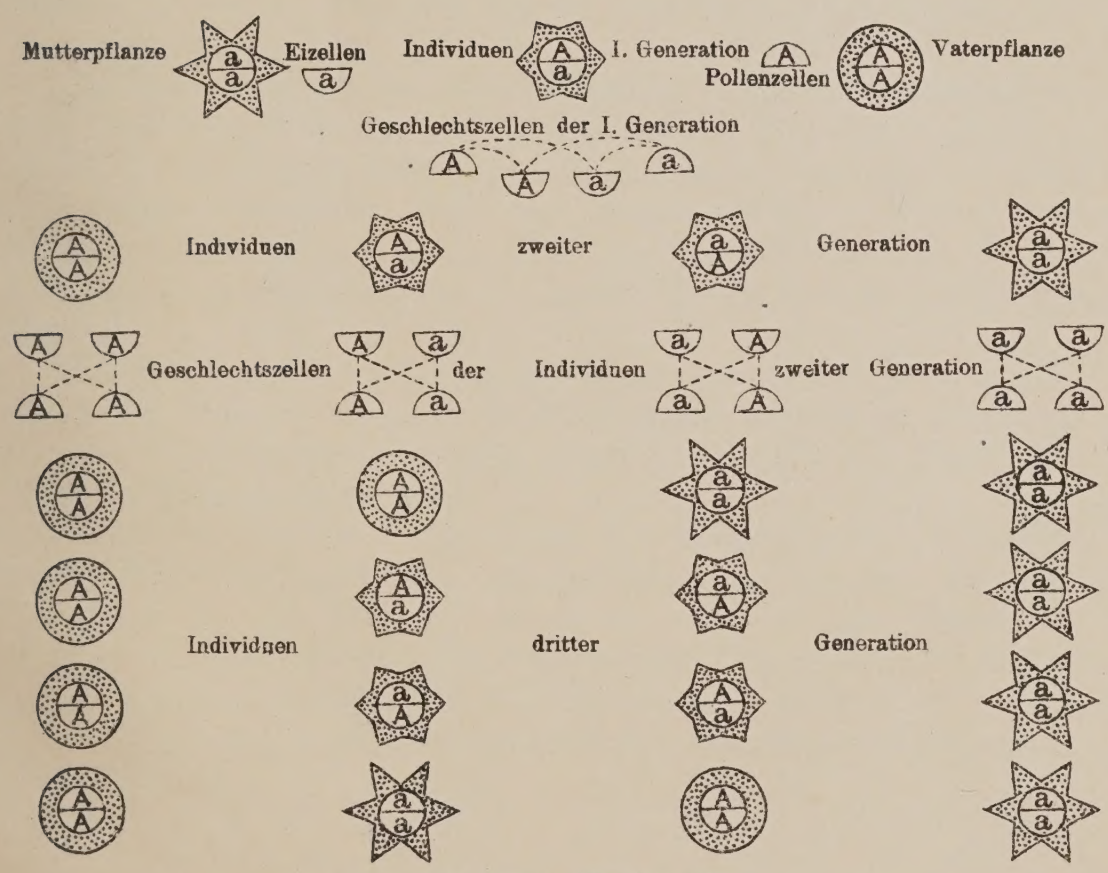


Bild 2. Zeatypus.

Verlag von Paul Parey in Berlin.

die in wechselseitiger Befruchtung BB, Bb, bB, bb Zygoten liefern. Da in diesem Beispiel einfaches Vorhandensein von B ebenso blaue Blütenfarbe wie BB erzeugt, enstehen in der F_2 3 blau blühende : 1 weißblühende Pflanzen; die F_2 spaltet in dem Verhältnis 3 : 1 (Pisum-Typus, dominante Vererbungsweise). Häufiger bewirkt jedoch einfaches Vorhandensein eine schwächere (oder auch andere) Ausbildung der zugehörigen äußeren Eigenschaft als das doppelte Vorhandensein der Erbanlage. Vorwiegend nehmen dann die Bb und bB Individuen eine Mittelstellung ein.

Bei der bekannten Gartenblume Phlox Drummondii unterscheiden wir zwei Formen, eine mit runden Blüten: grandiflora und eine mit sternförmig gezähnten Blüten: cuspidata oder auch Sternphloxe genannt. Bastardierung beider Formen ergibt für die Form der Blüte Mittelstellung der Heterozygoten. Diese sind deutlich kenntlich und entsprechen der bisher als besondere Form angesprochenen fimbriata-Form. Die F_2 spaltet dann in dem Verhältnis 1 grandiflora : 2 fimbriata : 1 cuspidata, und ebenso wie in F_2 sind auch die F_1-Individuen, da sie alle heterozygot sind, fimbriata. Diese Vererbungsweise nennen wir den Zea-Typus oder intermediäre Vererbungsweise, weil sie zuerst von Correns an Mais beobachtet wurde. (Taf. I.)

Um diese oder andere bestimmte Zahlenverhältnisse zu erhalten, muß man natürlich eine große Anzahl von Pflanzen auszählen, damit die zufälligen Störungen ausgeschaltet werden. In sehr zahlreichen Versuchen mit den verschiedensten Tieren und Pflanzen und unter Beachtung der verschiedensten Eigenschaften ist Aufspaltung der F_2 gemäß dieser Zahlen festgestellt worden.

Die 2. Generation ist also äußerlich von der F_1 verschieden durch die Variabilität, aber auch innerlich, indem sie sich nicht nur aus Heterozygoten zusammensetzt, sondern die Hälfte der Pflanzen Homozygoten sind..

Daher werden die BB-Pflanzen der besprochenen Bastardierung zweier Formen der schmalblättrigen Lupine konstant blau und die bb Pflanzen konstant weiß in der Nachzucht blühen; dagegen werden die Bb Pflanzen bei Selbstbefruchtung in der nächsten Generation (F_3) weiter 3 : 1 aufspalten.

Infolgedessen werden in unserem Beispiel (Pisum-Typus), die F_2-Pflanzen

1 homozygot blau : 2 heterozygot blau : 1 homozygot weiß
in der 3. Generation
konstant blau sein — spalten in 3 blau : 1 weiß — konstant weiß sein.

Unter der Voraussetzung gleichen Samenertrages, 4 Samen pro Pflanze, und Aussaat aller Pflanzen wird daher sich zusammensetzen

F_3	aus	10	blau-	:	6	weißblühenden Pflanzen,
F_4	„	36	„	:	28	„ „
F_5	„	136	„	:	120	„ „
F_6	„	528	„	:	496	„ „

Werden aber von der 2. Generation ab alle weißblühenden Pflanzen ausgemerzt, nur blaublühende unter der gleichen Voraussetzung zur Aussaat gebracht, so ist die Zusammensetzung der

F_3	10	blau-	:	2	weißblühenden Pflanzen,
F_4	36	„	:	4	„ „
F_5	136	„	:	8	„ „
F_6	528	„	:	16	„ „

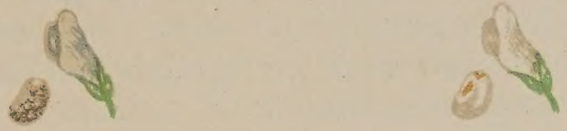
Prozentual ist der Anteil der weißblühenden Pflanzen

	im Falle 1	im Falle 2
F_2	25,6 %	25,0 %
F_3	37,4 %	16,6 %
F_4	43,7 %	10,0 %
F_5	46,9 %	5,5 %
F_6	48,5 %	2,9 %

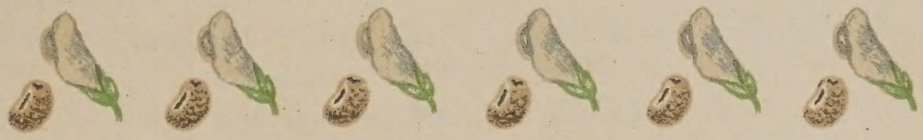
Solange es sich um Bastardierung zweier Formen mit einem unterscheidenden Gen handelt (monohybride Bastardierung), kann sowohl bei Vererbung nach dem Pisum- als nach dem Zea-Typus keine konstante Neuzüchtung entstehen. Beim Pisum-Typus tritt überhaupt keine Neuheit auf, und beim Zea-Typus ist die neue, intermediäre Form nur stets heterozygot vorhanden, daher nicht konstant zu züchten. Neuzüchtungen sind erst zu erzielen bei Bastardierung von Formen mit mehr als einem Anlagenunterschied, bei di-, tri-, tetra-, polyhybrider Bastardierung.

Dies wird uns eine Überlegung betreffs der Variabilität bei dihybrider Bastardierung sofort zeigen. Es gibt Formenkreise der schmalblättrigen Lupine (L. angustifolius), die an der Ansatzstelle des Samens in der Hülse, an dem „Nabel“, nicht die eigentümliche Zeichnung haben, die andere Formen der gleichen Lupine aufweisen, wie sie aus der Abbildung ersichtlich ist (Taf. II). Dieses Fehlen der Nabelzeichnung sei, nicht ganz korrekt, als „Nabellos“ bezeichnet. Wird eine blau-

Eltern ♀ ♂



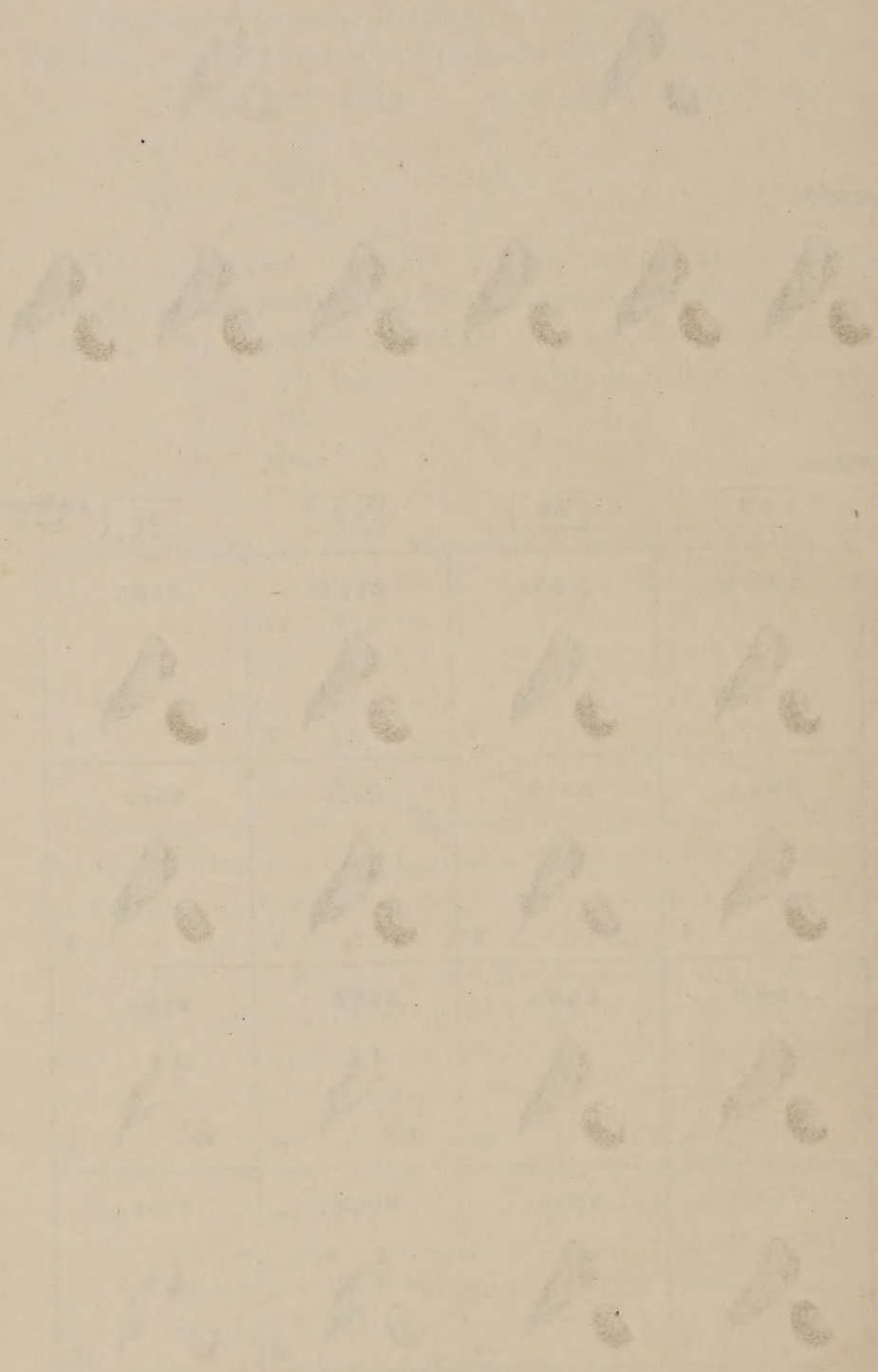
1. Generation



2. Generation

Eizellen der F. 1 \ Pollenzellen der F. 1	BN	Bn	bN	bn
BN	BBNN 1	BBNn 2	BbNN 3	BbNn 4
Bn	BBnN 5	BBnn 6	BbnN 7	Bbnn 8
bN	bBNN 9	bBNn 10	bbNN 11	bbNn 12
bn	bBnN 13	bBnn 14	bbnN 15	bbnn 16

Verlag von Paul Parey in Berlin.



blühende nabellose Lupine mit einer weißblühenden, die Nabelzeichnung aufweist, bastardiert, so werden alle F_1-Pflanzen blau blühen und Körner mit Nabelzeichnung bringen. Blau dominiert über weiß und die Nabelzeichnung über das Fehlen dieser; Nabellosigkeit ist also rezessiv. Diese Bastarde werden, da es sich um zwei Grundunterschiede handelt, 2^2 = viererlei männliche und viererlei weibliche Gameten bilden, die sich in der in dem Schema, „Kombinationsschema" genannt, gekennzeichneten Weise zu Zygoten vereinen, aus denen sich gemäß ihres Genenbestandes eine 2. Generation entwickelt, die zusammengesetzt ist aus:

9 Pflanzen: blau mit Nabel, Nr. 1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 10, 13;
3 „ „ nabellos, Nr. 6, 8, 14;
3 „ weiß mit Nabel, Nr. 11, 12, 15;
1 Pflanze: „ nabellos, Nr. 16.

In der Tat ist, falls bei beiden Grundunterschieden Dominanz auftritt, das Spaltungsverhältnis der dihybriden Bastardierung 9 : 3 : 3 : 1. Es treten also 4 verschiedene Typen auf, von denen jeder mindestens einmal homozygot vorhanden ist, so daß er in F_3 konstant vererbt, sofern Selbstbefruchtung einsetzt. Von diesen 4 Typen sind zwei neue Formen. Neu sind in diesem Falle blau mit Nabelzeichnung und weiß ohne Nabelzeichnung, von denen letztere Form sehr leicht, nämlich durch einmalige Auslese, konstant zu isolieren ist, während erstere nur durch Anbau aller 9 Pflanzen in konstanter Form aus den Heterozygoten herausgefunden werden kann.

Diese einfachen Verhältnisse werden verwickelter, wenn die Vererbung dem Zea-Typus folgt. Ist ein Anlagenpaar dominant rezessiv, und nehmen die Heterozygoten des anderen Anlagenpaares eine Mittelstellung ein, so finden wir in der F_2 statt 4 Typen 6 äußerlich voneinander zu unterscheidende Typen. Um bei unserem Beispiel bleiben zu können, sei angenommen, daß die Blütenfarbe nach dem Zea-Typus vererbe, indem die Heterozygoten der Bastardierung weiß × blau nicht blau, sondern rosa blühen[1]), so wird die Zusammensetzung der F_2 sein:

Blaublühend: 3 mit Nabel- : 1 ohne Nabelzeichnung
Rosablühend: 6 „ „ : 2 „ „
Weißblühend: 3 „ „ : 1 „ „

12 plus 4 = 16 Pflanzen,

also 4 blaublühend : 8 rosa- : 4 weißblühend = 1 : 2 : 1
und 12 mit Nabel- : 4 ohne Nabelzeichnung = 3 : 1.

[1]) Diese Annahme entspricht nicht der Wirklichkeit.

Folgen beide Anlagen dem Zea-Typus, so werden bei dihybrider Bastardierung 9 Typen in F_2 gefunden. Bei bestimmten Verbindungen mit Nabelzeichnung × nabellos sind die Heterozygoten an einer schwächeren Ausbildung der Nabelzeichnung zu erkennen. Ich bezeichne dies in meinen Zuchten als „schwacher Nabel"; daher möge diese Ausdrucksweise hierher übernommen werden. Es werden dann die F_1-Individuen einheitlich rosa blühen und Körner mit schwacher Nabelzeichung bringen. Die zweite Generation wird sich folgendermaßen zusammensetzen:

	Blau-	Rosa-	Weißblühend	Insgesamt
mit Nabelzeichnung	1	2	1	4 Pflanzen
mit schwachem Nabel	2	4	2	8 „
ohne Nabelzeichnung	1	2	1	4 „
insgesamt:	4	: 8	: 4 =	1 : 2 : 1

Es würde also eine bunte Population entstehen, aus der allerdings die Heterozygoten leicht zu entfernen und die neuen Formen sehr leicht konstant herauszuzüchten sein würden, solange es sich, wie in dem Beispiele, um äußerliche Unterschiede handelt, wie es wohl bei der Blumenzüchtung die Regel, auch bei der Gemüsezüchtung vorwiegend der Fall ist, jedoch in der landwirtschaftlichen Pflanzenzüchtung zwar in Frage kommt, aber doch nicht das Hauptinteresse besitzt.

Es ist für den Anfänger — und für solche ist ja die „Einführung" besonders gedacht — sehr lehrreich, nun weiterhin die für die dihybride Bastardierung gemachten Ausführungen sinngemäß auf die trihybride Bastardierung anzuwenden und sich selbst an Hand eines Kombinationsschemas die Variabilitätsverhältnisse in der F_2 aufzustellen. Zunächst bediene man sich des einfachsten Falles der Dominanz aller Grundunterschiede. Die folgende Tabelle möge ihm dabei nützlich sein:

Anzahl der genetischen Unterschiede	F_1-Pflanzen bilden 2^n-Arten		Es entstehen durch Befruchtung n verschiedene Zygoten	Spaltungsverhältnisse in der zweiten Generation bei Dominanz
	Eizellen	Pollenzellen		
1	2	2	4	3 : 1
2	4	4	16	9 : 3 : 3 : 1
3	8	8	64	27 : 9 : 9 : 9 : 3 : 3 : 3 : 1
4	16	16	256	81 : 27 : 27 : 27 : 27 : 9 : 9 : 9 : 9 : 9 : 3 : 3 : 3 : 3 : 1
n	2^n	2^n	$(2^n)^2$	Koëffizienten des Binoms $(a + a)^n$ 1

Bei völliger Dominanz wird die F_2 einer trihybriden Bastardierung also 8 verschiedene Typen aufweisen, die in dem Verhältnis, wie es die Tabelle aufweist auch tatsächlich auftreten. Gilt jedoch für ein Merkmal der Zea-Typus, so wird ihre Zahl auf 12 steigen, um bei intermediärer Vererbung aller drei Grundunterschiede auf 27 Typen anzuwachsen. Wie sich dann die Verhältnisse gestalten, zeigt folgende Zusammenstellung:

Zahl der verschiedenen Typen in F_2 bei Bastardierung qualitativer Eigenschaften.

Bastardierung	Anzahl der genetischen Unterschiede	Zahl der möglichen Gameten-Kombinationen	Bei Dominanz aller Unterschiede	Bei intermediärer Vererbung von 1 genetischen Unterschieden	2	3	4	5	n
Monohybrid . .	1	4	2	3	—	—	—	—	—
Dihybrid	2	16	4	6	9	—	—	—	—
Trihybrid . . .	3	64	8	12	18	27	—	—	—
Tetrahybrid . .	4	256	16	24	36	54	81	—	—
Pentahybrid. .	5	1024	32	48	72	108	162	243	—
Polyhybrid . .	n	2^{2n}	2^n	$2^{n-1}.3$	$2^{n-2}.3^2$	$2^{n-3}.3^3$	$2^{n-4}.3^4$	$2^{n-5}.3^5$	3^n

Es folgt hieraus: Je vielförmiger die zweite Generation nach Bastardierung ist, je stärker die Variabilität in F_2 ist, um so leichter gelingt es, die konstanten Neukombinationen herauszugreifen, immer bei Berücksichtigung der leicht erkennbaren, qualitativen Eigenschaften.

Wir müssen nun aber noch bei dem eben benutzten Wort „Neukombinationen“ verweilen. In unseren Beispielen waren die individuellen Unterschiede zwischen den Angehörigen der F_2 „Variationen“, d. h. erbliche Unterschiede. Wie in Vorlesung 7 ausgeführt ist, entstehen erbliche Variationen auf zweierlei Weise: durch spontane Variabilität oder durch Bastardierung. Baur hat Variationen, die als Bastardierungsfolgen entstehen, als „Neukombinationen“ bezeichnet, weil die vor der Bastardierung auf zwei Formenkreise verteilten Anlagen bei der gesetzmäßigen Bildung der Gameten der Bastardpflanzen miteinander kombiniert werden und dann neue Formenkreise bilden, die die früher getrennten Anlagen in sich vereinen.

Die Bezeichnung „Neukombination“ führt, trotzdem sie das Wesentliche trifft, leicht zu der nicht ganz richtigen Vorstellung, daß solche durch den Zusammentritt von Gameten mit ver-

schiedenem Genenbestand, also durch die Befruchtung, zustandekommen, während sie in Wirklichkeit — es klingt paradox — durch die Vorgänge bei der Reduktionsteilung, nämlich in der Diakinese, durch die Mischung der Anlagenpaare bewirkt werden. Bei Bildung der Gameten und nicht bei Bildung der Zygoten geht die Neukombination verschiedener Anlagenpaare vor sich.

Neunte Vorlesung.

Variabilität nach Bastardierung. Qualitative Eigenschaften (schwierigere Fälle).

Wenn wir bisher gesehen haben, daß sich aus dem Fundamentalsatz des Mendelismus die Gesetzmäßigkeiten der Variabilität und Vererbung nach Bastardierung ableiten lassen, so müssen wir uns nunmehr noch einigen Besonderheiten zuwenden, die in vielen Fällen Abweichungen von den bezeichneten Zahlenverhältnissen bedingen und uns wichtige theoretische Aufschlüsse geben.

Nicht selten spalten die zweiten Generationen von Bastardierungen zwischen Eltern, die sich nur in einer Eigenschaft unterscheiden, nach dem dihybriden Verhältnis 9 : 3 : 3 : 1. Ja es sind Fälle bekannt, in denen Bastardierungen, die den äußeren Eigenschaften nach monohybrid zu beurteilen sind, nach dem Verhältnis der trihybriden Bastardierungen aufspalten. Als besonders deutliches Beispiel sei eine Bastardierung von Nilsson-Ehle mit rotkörnigem×weißkörnigem Weizen erwähnt, die in der F_2 in dem Verhältnis 63 rotkörnige : 1 weißkörnige Pflanzen aufspaltete. Dieses Verhältnis der Spaltung konnte natürlich nur nach Heranzucht sehr vieler F_2-Individuen und F_3 Stämme erkannt werden. Es ist so zu erklären, daß die rote Kornfarbe durch drei verschiedene Anlagen bedingt ist, von denen jede für sich die rote Kornfarbe hervorzurufen vermag: „Polymerie“. Die äußerlich monohybride Bastardierung rot×weiß erweist sich also tatsächlich als trihybrid ABC×abc. In diesem Falle ist die äußerlich wahrnehmbare Wirkung einer Anlage gleich der Wirkung aller drei Anlagen zusammen, jede Anlage ist unabhängig von der anderen.

In anderen Fällen, die sehr häufig sind, beobachten wir gegenseitige Beziehungen zwischen den Anlagen einer Eigenschaft. Vorwiegend handelt es sich um Zusammenwirken zweier

Bastardierung einer rosa- mit einer weißblühenden Erbse. (v. Tschermak.)

Dihybride Bastardierung.

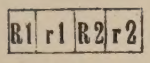
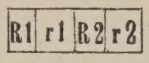
Verlauf und Erklärung nach Faktorentheorie.

1. Fall.

: P :

R1 r2 ♀ r1 R2

R1 r2 ♂ r1 R2


: Zusammentritte der Geschlechtszellen :


: Ergebnis F_1 :

Geschlechtszellen der F_1

R1 R2 | R1 r2 ♀ r1 R2 | r1 r2

R1 R2 | R1 r2 ♂ r1 R2 | r1 r2

Zusammentritte der Geschlechtszellen und je darunter ihr Ergebnis : F_2.

9 rot : 3 rosa : 4 (3 + 1) weiß.

Verlag von Paul Parey in Berlin.

Anlagen in der Weise, daß die Anlage A ohne Anlage B nicht zur sichtbaren Wirkung gelangt, also nur bei Anwesenheit von B aus der äußeren Erscheinungsform als vorhanden erschlossen werden kann. Fehlt B, so kann die Anwesenheit von A nicht erkannt werden, Rassen aabb und AAbb sind dann innerlich zwar verschieden, aber äußerlich nicht zu unterscheiden. Die AAbb-Rassen sind „kryptomer". Ein einfaches Beispiel ist nach E. v. Tschermak in der Tafel wiedergegeben (Tafel III). Die rote Blütenfarbe von Pisum ist hier durch zwei Anlagen R_1 und R_2 bedingt, von denen R_1 allein rosa Blüte erzeugt, R_2 aber allein keine Blütenfarbe hervorzurufen vermag, so daß R_2R_2-Pflanzen ebenso wie R_2r_1- und r_1r_2-Pflanzen weiß blühen. Alles Weitere ergibt sich aus der Tafel. Es sei nur darauf hingewiesen, daß die F_1 in diesem Falle weder dominante noch intermediäre Bildung zeigt, sondern eine Verstärkung der Blütenfarbe, ein „Novum", das in der F_3 konstant zu erhalten ist. Ähnlich verläuft die Bastardierung weiß×rosa bei schmalblättriger Lupine, die blaue F_1 gibt. Die Erscheinungen der Kryptomerie sind uns am deutlichsten bei weißen Formenkreisen, treten aber natürlich auch bei farbigen Formenkreisen auf und sind nicht auf die Blütenfarbe beschränkt.

Das Zusammenwirken von Anlagen, welche eine und dieselbe Eigenschaft bewirken, kann in anderen Fällen in der Weise statthaben, daß die Wirkungen der einzelnen Anlagen sich summieren. Die äußere Ausbildung der betreffenden Eigenschaft ist dann eine Additionswirkung. Überall, wo mehrere Anlagen in dieser Weise wirksam sind, wird durch die verschiedenen Kombinationen eine reihenweise Abstufung in der Ausprägung der betreffenden Eigenschaft zustande kommen. Nach den bisherigen Versuchen wissen wir, daß dieser Vorgang insbesondere für quantitative Eigenschaften Geltung besitzt.

Als Gegenstück zu solchem Zusammenwirken von Anlagen finden sich auch Fälle, in denen eine Anlage A die Wirkung der ebenfalls vorhandenen Anlage B verhindert. Wir bezeichnen dann A als Hemmungsfaktor zu B. Diese Auslegung gibt man besonders der Bastardierung unbegranntem×begranntem Weizen, die eine unbegrannte F_1 ergibt und in F_2 in 3 unbegrannt : 1 begrannt spaltet.

$$F_2 \text{ von } AABB \times aaBB = \underbrace{1\ AABB : 2\ AaBB}_{3 \text{ unbegrannt} : 1 \text{ begrannt}} : 1\ aaBB$$

Sehr augenscheinlich tritt uns das Wesen des Zusammenwirkens von Anlagen in Fällen entgegen, in denen aus uns

unbekannten Gründen spontan das Zusammenwirken zweier Anlagen aufhört. Diesen Vorgang hat E. v. Tschermak als „Dissoziation“ bezeichnet und der „Assoziation“, dem Zusammenwirken, gegenübergestellt.

All diese Fälle der Vererbung, die in exakten Bastardierungsversuchen gefunden und geprüft sind, haben uns die so wichtige Erkenntnis gebracht, daß wir scharf zwischen den äußerlich wahrnehmbaren Eigenschaften und den diesen zugrunde liegenden Erbanlagen unterscheiden müssen, und daß sich die Vorgänge der Vererbung stets auf die Erbanlagen und nicht auf die Eigenschaften beziehen. Diese Erkenntnis hat uns erheblich vorangebracht und ist mit allen Versuchsergebnissen in Einklang zu bringen. Auf dieser Grundlage haben wir gelernt, alle Abweichungen von den erwarteten Spaltungsverhältnissen zu erklären und zu verstehen. Die exakte Bastardierungsforschung hat uns zu diesem so wichtigen Fortschritt geführt, der schon in Vorlesung 3 in der Gegenüberstellung von Erbanlagen und äußeren Eigenschaften gekennzeichnet wurde.

Eine andere Verwicklung findet sich bei Bastardierung von schwarz-×weißspelzigem Hafer in Versuchen von Nilsson-Ehle. Die schwarze Spelzenfarbe ist durch eine Anlage bedingt, deren Fehlen weiße Spelzenfarbe hervorruft. Die F_1-Individuen sind alle einheitlich schwarzspelzig, aber die F_2 spaltet auf in 12 schwarz- : 3 grau- : 1 weißspelzig. Nähere Überlegung erweist, daß die schwarzspelzige Muttersorte neben der Anlage für schwarz auch eine solche für grau enthalten muß, die nicht in äußere Erscheinung zu treten vermag, da die schwarze Farbe die graue verdeckt. Schwarz ist „epistatisch“ über grau. Es ist nicht schwer zu erraten, daß hier das dihybride Spaltungsverhältnis

$$\overbrace{9:3:3}^{12}:1$$

folgendermaßen verändert ist: 12 : 3 : 1

Nicht selten ist auch der Fall, daß bestimmte Kombinationen nicht lebensfähig sind. Pflanzen, die bezüglich normaler Ausbildung des Chlorophylls heterozygot sind, bilden Gameten ohne Anlagen für Chlorophyllausbildung. Verschmelzen zwei solche Gameten, so werden die aus der Zygote erwachsenden Samen zwar keimen, aber rasch an Nährstoffmangel eingehen (Kießling, Nilsson-Ehle). Solch leicht verständlichen Beispielen sind schwierigere anzureihen: Absterben der befruchteten Eizelle vor Einsetzen der embryonalen Entwicklung, Absterben bestimmter Kombinationen im embryonalen Zustand, Absterben

bestimmter Kombinationen nach der Keimung infolge Zwergwuchs, Verkümmerns oder geringerer Widerstandsfähigkeit gegen Witterung. Als Beispiel für letzteres sei aus eigenen Bastardierungszüchtungen mit Lupinus angustifolius erwähnt, daß in den Jahren 1917 und 1919 infolge sehr ungünstigen Frühjahrswetters die Aufspaltungen in F_2 und F_3 der Bastardierung weiße × blaue Blüte das Spaltungsverhältnis 1 : 3,8 bzw. 1 : 4,7 ergaben. Es ist aber durch Fruwirth und auch in eigenen Versuchen anderer Jahre einwandfrei festgestellt, daß Spaltung 1 : 3 vorliegt. Die Abweichung oder Störung liegt darin, daß dem Einfluß der Witterung mehr weißblühende als blaublühende Pflanzen erlegen sind.

Endlich kann eine einzige Anlage die Ausbildung mehrerer Eigenschaften bedingen. Auch hierdurch werden die normalen Spaltungsverhältnisse, wie wir sie errechnen, verändert werden. So kennen wir bei der schmalblättrigen Lupine eine Anlage, die mindestens drei Eigenschaften bewirkt, nämlich blaue Blüte, graue Marmorierung der Samen und Anthozyanbildung der Keimpflanzen; das Fehlen dieses Gens bewirkt weiße Blüte, weiße Samen und rein grüne Keimlinge. Anscheinend ist aber der Wirkungskreis dieses Gens damit nicht beendet, sondern beeinflußt noch die Reifezeit, Kornausbildung und Wüchsigkeit überhaupt.

Es bedarf keiner Erklärung, daß durch ein und dasselbe Gen bedingte Eigenschaften stets gemeinsam auftreten müssen, ebenso wie die durch das Fehlen dieses Gens bedingten Eigenschaften miteinander verbunden, „korrelativ verbunden“ sein müssen. Solche Korrelation zu brechen, ist unmöglich.

Dies ist nicht zu verwechseln mit einer ganz andersartigen Gruppe von Ursachen, welche die normalen Spaltungsverhältnisse verschieben, mit den Koppelungen von Anlagen. Die Selbstständigkeit der Anlagen erfährt durch die Koppelung eine nicht ganz unbeträchtliche Einschränkung. Anlagen, die in verschiedenen Chromosomen sich befinden, werden sicherlich völlig unabhängig voneinander auf die Gameten sich verteilen: sie „mendeln“ rein. Was tritt aber ein, wenn die Zahl der Anlagen die haploide Zahl der Chromosome überschreitet? Die Zahl der letzteren ist uns auf Grund zahlreicher zytologischer Untersuchungen, die Tischler übersichtlich zusammengestellt hat, für fast alle landwirtschaftlich genutzten Pflanzen bekannt; sie liegt meist zwischen sechs und zwölf, beträgt aber bei einigen Pflanzenarten, wie Crepis virens, C. dichotoma, C. Reuteriana,

nur drei, bei anderen Crepis-Arten vier (Rosenberg). Und es ist verständlich, daß die Erbmasse solcher Arten zahlenmäßig weit mehr Gene enthalten muß, als die Chromosomenzahl beträgt. Die Zahl der vollständig unabhängig voneinander mendelnden Gene wird also zunächst nicht größer sein können als die haploide Chromosomenzahl, z. B. bei Futter- und Zuckerrübe acht oder bei Erbse sieben.

Wie sich die Verhältnisse gestalten, wenn nun aber zwei oder mehrere Gene in einem Chromosom enthalten sind, geht aus den Versuchen Morgans mit Drosophila hervor, die wohl in Zukunft in bezug auf ihre Bedeutung den Experimenten von Gregor Mendel als gleichwertig an die Seite gestellt werden müssen. Die Chromosome sind, wie wir in Vorlesung 3 gehört haben, aus mehr oder weniger zahlreichen Chromomeren zusammengesetzt. Bei Aneinanderlagerung der Chromosomenpaare in der Diakinese während der Reduktionsteilung — oder in früheren Prophasestadien (Winge, Tischler) — findet zwischen je zwei umeinandergeschlungenen Chromosomen ein Austausch von Chromomeren statt, wie ihn folgendes Schema darstellt: Überkreuzung, crossing over. Vgl. schematische Zeichnung (Abb. 11).

Daß sich in der Tat aneinanderlagernde Chromomere dauernd trennen können, hat neuerdings Kuwada an Mais mit dem mikroskopischen Nachweis der Trennung eines Chromosoms in zwei Chromosome zu zeigen vermocht.

Es geht aus der Figur zur Genüge hervor, daß die Wahrscheinlichkeit der Trennung zweier Chromomere um so größer ist, je weiter sie innerhalb eines Chromosomes auseinanderliegen, und um so geringer, je näher sie zueinander liegen. Mit anderen Worten: die Koppelung von Genen wird um so stärker sein, je näher die Chromomere, in denen sie sich befinden, sich benachbart sind, um so schwächer, je weiter entfernt voneinander diese eingereiht sind. Gene, die in ein und demselben Chromomer sich befinden, werden stets gemeinsam auftreten, und schließlich wird gar keine Koppelung beobachtet werden, wenn die Gene auf verschiedene Chromosome verteilt sind. Auf Grund dieser Vorstellung muß es möglich sein, aus dem Grade der Koppelung auf die gegenseitige Lagerung der gekoppelten Gene in dem Chromosom zu schließen. Und in der Tat ist es Morgan und seinen Schülern als ersten gelungen, auf diese Weise eine Topographie des Chromosomenbestandes für die Taufliege Drosophila aufzustellen. Das Wertvolle

dabei ist, daß eine Nachprüfung durch gegenseitige Auswertung der Koppelungsverhältnisse möglich ist und im Falle Drosophila die theoretisch errechneten Werte so gut mit den tatsächlich beobachteten übereinstimmen, daß an der Richtigkeit dieser Vorstellung nicht zu zweifeln ist.

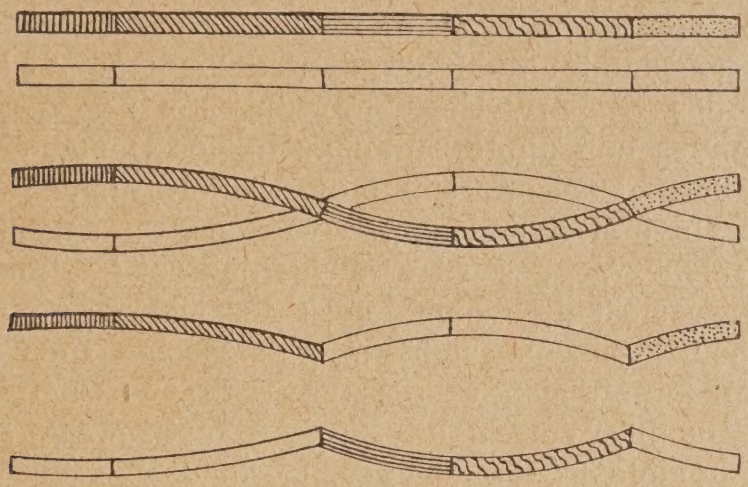


Abb. 11. Zweifache Überkreuzung der Chromosome in der Reduktionsteilung („double crossing over") nach Morgan, „Physical basis of heredity".

Unter den landwirtschaftlichen Kulturpflanzen sind besonders für Gerste durch v. Ubisch Koppelungen experimentell nachgewiesen worden; und zwar sind gekoppelt Ährchendichte mit Grannenlänge, Halmlänge mit Grannenlänge und Ährchendichte. Typische Koppelungszahlen, die man früher aufzustellen hoffte, ähnlich den typischen Spaltungszahlen, gibt es nicht. Es sind verschiedene Typen der Koppelung beobachtet, z. B. in dem Verhältnis 4 : 1 : 1 : 4 oder 7 : 1 : 1 : 7, auch 63 : 1 : 1 : 63. Sie können, wie wir heute wissen, in jedem beliebigem anderen Zahlenverhältnis auftreten; so n : 1 : 1 : n.

Das Gegenstück zur Koppelung ist die Abstoßung von Anlagen. Die dominierenden Anlagen verschiedener Eigenschaftspaare gehen stets in verschiedene Geschlechtszellen, werden nie in einer Gamete vereinigt. Daher wird in noch so umfangreichen F_2- und weiteren Generationen ihre Kombination nie gefunden und dadurch das normale Spaltungsverhältnis gestört.

Aus den Aufspaltungen in der F_2, sei es, daß es sich um normale Spaltungsverhältnisse oder um durch irgendwelche Komplikationen gestörte Zahlenwerte handelt, kann auf den Anlagenbestand geschlossen werden. Wir können durch Bastardierung die Erbmasse analysieren und, indem wir jeder Anlage

ein Zeichen (Buchstaben) geben, Erbformeln aufstellen. Solche „Bastardanalysen“ sind für einige Pflanzen weitgehend ausgearbeitet, wie von Baur für Antirrhinum, v. Ubisch für Gerste, Nilsson-Ehle für Weizen und Hafer, v. Tschermak für Erbsen, Bohnen und Levkojen, Bateson für Lathyrus und v. a. m.

Wenn somit die experimentelle Vererbungsforschung uns im Laufe des letzten Jahrzehntes und nicht zum wenigsten die während der langen Kriegsjahre ungestörte Versuchstätigkeit des Auslandes ungeahnte Einblicke in den Gang der Vererbung gebracht hat, so sei am Schluß dieser Vorlesung doch nicht das bis heute Unverständliche verschwiegen:

Auf welche Weise wird erreicht, daß bei Beginn der Reduktionsteilung tatsächlich homologe (besser: homogene) und nicht heterogene Chromosome sich zu Doppelchromosomen vereinigen? Und daran knüpft sich weiter die Frage: Was geschieht, wenn es auf irgendeine Weise gelingt, die ordnungsmäßige Aneinanderlagerung homologer (homogener) Chromosome zu stören?

Zehnte Vorlesung.

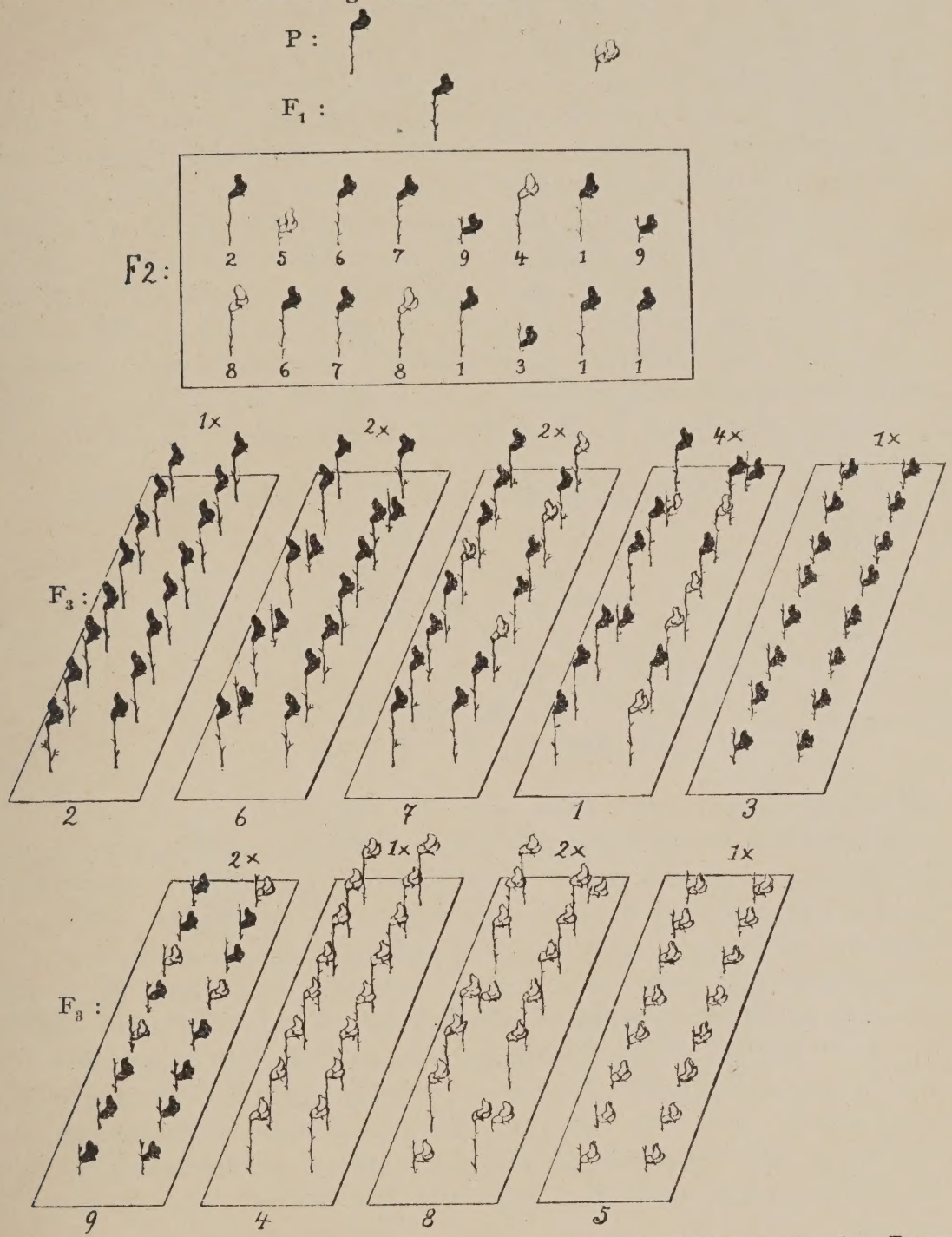
Variabilität nach Bastardierung. Quantitative Eigenschaften.

Bisher haben wir uns nur mit äußeren, leicht wahrnehmbaren oder auch qualitativen Eigenschaften befaßt, weil an diesen die Erscheinungen der Variabilität und der Vererbung leichter zu verfolgen sind. Jedoch ist kein Zweifel darüber, daß die nämlichen Gesetzmäßigheiten auch für die quantitativen Eigenschaften gelten, so für alle Größenverhältnisse, Raschwüchsigkeit, Frühblüte, Zuckergehalt, Gewichtsleistung sowie für all die Eigenschaften, welche in ihrem Zusammenwirken die „Leistung“, den „Ertrag“ geben. So hat E. v. Tschermak für den Blühtermin bei Erbsen, Nilsson-Ehle für Rostwiderstandsfähigkeit und Winterfestigkeit bei Weizen, East für die Kolbenlänge bei Mais, Tine Tammes für die Pflanzenlänge bei Lein, Grooth für Fruchtgröße bei Tomaten, Goodspeed für Breite der Blüten bei Tabak nachgewiesen, daß auch diese Eigenschaften den Gesetzen Mendels folgen.

Einige Besonderheiten sind jedoch hervorzuheben. Während die qualitativen Eigenschaften vorwiegend auf ein oder doch

Bastardierung einer rotblühenden hohen mit einer weißblühenden niederen Erbse.

Erklärung nach Mendel. Schematisch.



Zahlen unter den Pflanzen in F_2 beziehen sich auf die Zahlen unter den Beeten in F_3.

Zahlen über den Beeten in F_3 zeigen an, wie oft ein gleiches Beet vorhanden sein wird, wenn alle Pflanzen von F_2 genommen wurden.

Verlag von Paul Parey in Berlin.

einige wenige Gene zurückzuführen sind (mono-, di- oder trimer), sind die quantitativen Merkmale meist durch viele Gene bedingt (polymer). Zweitens überwiegt bei diesen weitaus die intermediäre Vererbung, also der Zeatypus; der Pisumtypus ist selten. Drittens sind die Gene in einigen Fällen wohl von gleicher Wirkung, häufig aber kommt dem einzelnen Gen eine verschiedene Intensität zu, so daß sich aus den verschiedenen Kombinationen der einer quantitativen Eigenschaft zugrunde liegenden Gene mannigfache Abstufungen der Ausbildung ergeben. Verstärkt wird dies noch durch Auftreten von Additions- und Hemmungswirkungen, wie wir sie schon für qualitative Eigenschaften kennen lernten. Addiert sich aber die Wirkung der einzelnen Faktoren, so werden die Spaltungsverhältnisse in der F_2 nach einer bestimmten Gesetzmäßigkeit verändert, die in folgendem Schema ihren Ausdruck findet.

Spaltungsverhältnis in F_2 bei Additionswirkung:

			1	2	1			
		1	3	3	1			
	1	4	6	4	1			
1	5	10	10	5	1			
1	6	15	20	15	6	1		
1	7	21	35	35	21	7	1	
1	8	28	56	70	56	28	8	1

Dies alles, vereint mit der Tatsache, daß das Ausmaß der quantitativen Eigenschaften durch die Lebenslage des einzelnen Individuums modifiziert wird, bewirkt, daß in den F_2-Generationen statt einer Spaltung kontinuierliche Variationsreihen mit weit auseinanderliegenden Grenzwerten beobachtet werden. Sie sind eine Mischung von Variationen und Modifikationen. Selbst innerhalb der F_3 aus Selbstbefruchtung ist keine scharfe Klasseneinteilung der Varianten möglich, weil die Transgressionen die Klassengrenzen verwischen. Solche F_2-Populationen ergeben bei graphischer Anordnung Kurven, die mit der Quételetschen Zufallskurve weitgehend übereinstimmen. Die extremen Varianten treten selten auf, die Mehrzahl der Varianten ordnet sich um den Mittelwert an.

Verfolgen wir zunächst das Beispiel der Winterfestigkeit des Weizens nach Nilsson-Ehle. Diese Eigenschaft ist durch eine Reihe von Genen bedingt. Angenommen, der winter-

festeste Weizen verdanke seine wertvolle Eigenschaft der Wirkung von fünf Genen und ein sehr wenig winterfester Weizen besitze nur ein Gen. Ferner angenommen, daß alle fünf Gene gleiche Wirkung äußern, so ergeben sich die im Schema gezeichneten Verhältnisse. Die Winterfestigkeit wird in der Praxis meist nach einem Punktsystem beurteilt, in dem 0 = völlig aus-

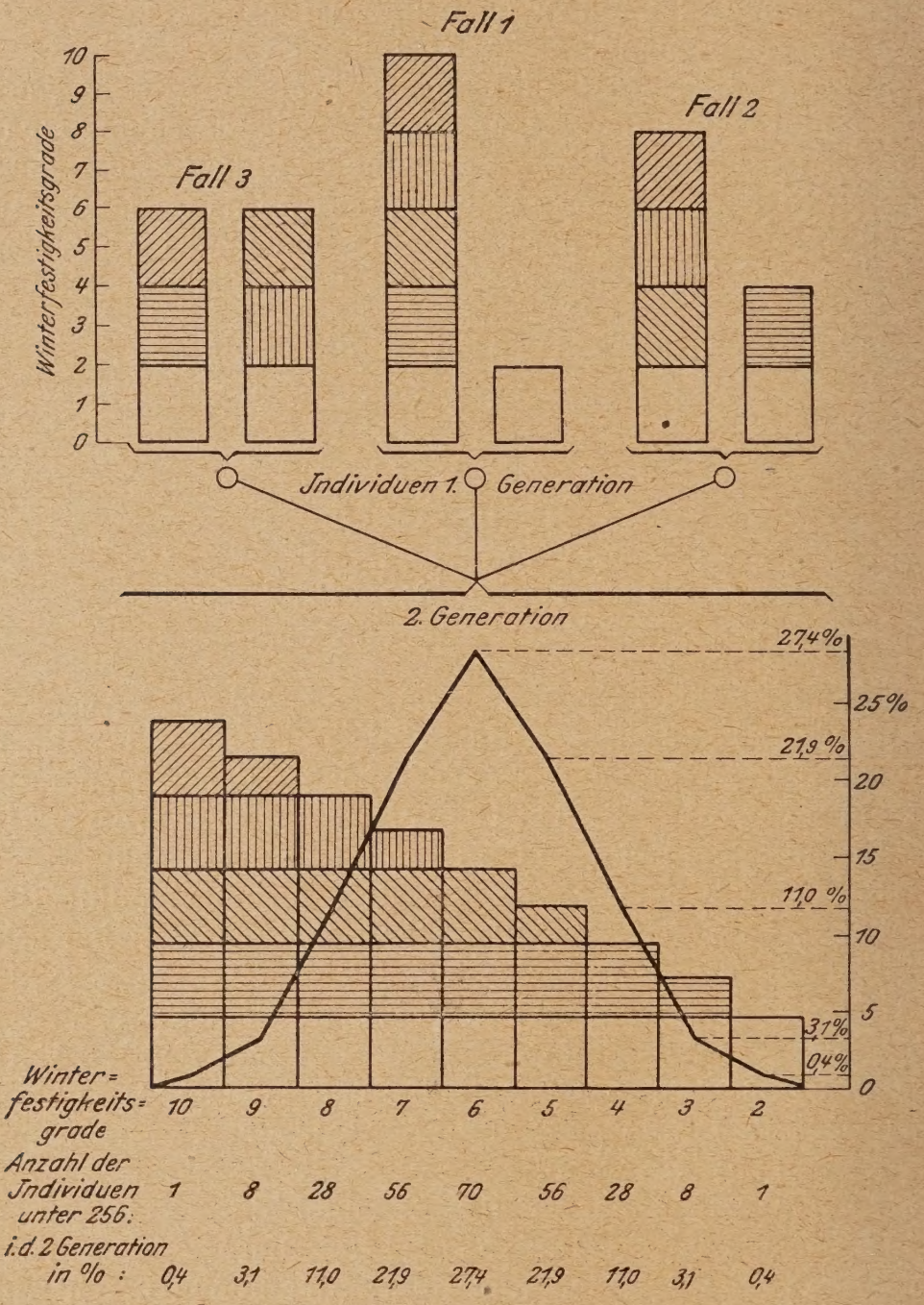


Abb. 12.

gewintert, 10 = sehr winterfest ist. Infolgedessen wäre die Intensität eines jeden Gens mit zwei Punkten zu bewerten, sofern es sich um homozygote Pflanzen handelt. Für Heterozygotie ist nur der Wert eins einzusetzen.

Wie aus dem Schema Abb. 12 ersichtlich, wird das nämliche Ergebnis erzielt bei Bastardierung eines Weizens der Winterfestigkeitsgrade:

$$10 \times 2 \text{ (Fall 1)}$$
$$8 \times 4 \text{ (Fall 2)}$$
$$6 \times 6 \text{ (Fall 3).}$$

In allen drei Fällen liegt tetrahybride Bastardierung vor. Daher werden in F_2 256 Kombinationen gebildet, die sich auf die verschiedenen Winterfestigkeitsstufen gemäß den am Fuße des Schemas gegebenen Zahlen verteilen. Die unterste Zeile gibt den Prozentsatz an, in welchem jedes Maß von Winterfestigkeit an der F_2-Population teilnimmt. Auf eine kleine Unstimmigkeit sei für diejenigen, die sich der Mühe des Nachrechnens unterziehen, hingewiesen. Aus technischen Gründen kann jeder Grad von Winterfestigkeit nur in einer Kombinationsmöglichkeit dargestellt werden, während in Wirklichkeit jede Abstufung durch verschiedene Kombinationen erzeugt wird, z. B. kann der Grad 6 neben andern auch von folgenden Kombinationen verwirklicht werden:

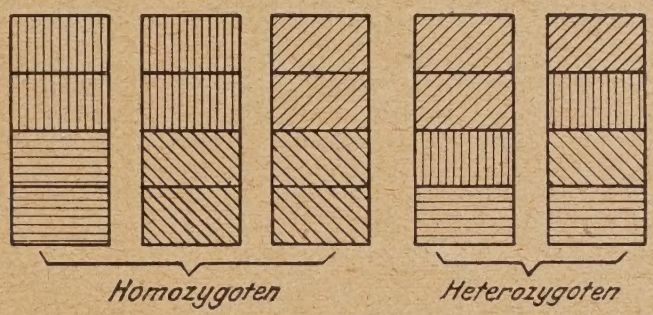


Abb. 13.

Das Wesen und die Wirkung der transgredierenden Modifikationen wird die Abbildung nach Lang besser veranschaulichen als viele Worte (Abb. 13).

Dies zeigt deutlich, wie die ununterbrochene Variationsreihe in F_2 zustande kommt.

Eine Eigenart der quantitativen Eigenschaften ist es ja, daß nicht an dem einzelnen Individuum, sondern erst an

dem Mittelwert der Nachkommenschaft der eigentliche Variationswert erkannt werden kann. Wenn wir aus diesem Grunde durch getrennten Anbau aller F_2-Pflanzen nach Selbstbefruchtung in F_1 und F_2 den Variationswert der einzelnen F_2-Pflanzen durch Aufzeichnungen, Messungen und Wägungen festlegen wollen, so stoßen wir vielfach auf eine neue Schwierigkeit, die bei qualitativen Eigenschaften nicht auftritt. Es ist der Einfluß der Jahreswitterung und des verschiedenen Standortes. Es muß, um Vergleiche ziehen zu können, das Ausgangsmaterial alljährlich angebaut werden. Aber weiter: der Charakter der Jahreswitterung ermöglicht nicht regelmäßig die Bewertung der in Betracht kommenden Eigenschaften. So kann nach einem milden oder ganz strengen Winter keine Beurteilung auf Winterfestigkeit erfolgen. In vielen Jahren ist eine Beurteilung der Widerstandsfähigkeit gegen Krankheiten nicht möglich. Kälteperioden vor dem Schossen bewirken ein Verwischen der erblichen Entwicklungsunterschiede infolge raschen gleichzeitigen Schossens nach Eintritt wärmeren Wetters. Diese Schwierigkeiten werden vielleicht künftig durch besondere Mittel teilweise gemildert werden können (isolierte Zuchtgärten mit künstlicher Infektion „Infektionsstationen", Zuchtstationen in kälteren Gebieten „Winterstationen").

Gelingt es durch Feststellung der Mittelwerte in F_3 wirklich, die Variationswerte der F_2-Kombinationen zu erkennen, so treten uns bei den quantitativen Eigenschaften noch zwei Besonderheiten entgegen, die sehr wichtig sind.

Verfolgen wir zunächst den Fall 1 in dem Schema, so finden wir, daß durch die Bastardierung zweier sehr stark verschiedener Eltern weitaus überwiegend intermediäre Variationen gebildet worden sind und die elterlichen Typen nur in sehr geringem Prozentsatz (0,4 %) wiedergefunden werden. Wenn man einen großkörnigen Sommerweizen, z. B. roten Schlanstedter, mit einem kleinkörnigen wie Heines Kolben S. W. bastardiert, so findet man in F_3 nur bei Anbau sehr vieler Individualauslesen einige wenige, welche ein so hohes 100-Korngewicht aufweisen wie die Muttersorte. Aus diesem Umstand hat man früher gefolgert, daß bei den quantitativen Eigenschaften die Elterntypen nicht wieder auftreten, und die Ansicht vertreten, daß diese Eigenschaften nicht nach den nämlichen Gesetzmäßigkeiten vererbt werden wie die qualitativen Merkmale. In Wirklichkeit hat man nur zu kleine Versuchsreihen geprüft. Schematisch läßt sich dieser Fall so darstellen:

Mutter Vater
Fall 1 ● . . . . . ●

Dies spielt in der gärtnerischen Blumenzucht bei Bastardierung großblumiger Hochzuchten mit kleinblumigen, neufarbigen Wildrassen eine große praktische Rolle. Es werden nur selten Neukombination mit so großen Blüten, wie die Ausgangsrasse sie besitzt, erzielt.

Im Falle 2 werden zwei Rassen bastardiert, die nicht so stark wie im Falle 1 verschieden sind, aber doch noch deutliche Unterschiede aufweisen. Die F_2 wird Kombinationen liefern, die den Eltern gleich sind, und solche, die zwischen den Eltern stehen, aber auch solche, welche die Elternformen sowohl nach der guten wie nach der schlechten Seite übertreffen, also Minus- und Pluskombinationen darstellen.

Mutter Vater
Fall 2 . . . . ● . . . . ● . . . . . .

Bei Bastardierung zweier gleichmäßig winterfester Typen wird, sofern diese Eigenschaft durch verschiedene Gene bewirkt ist, eine Serie der verschiedensten erblichen Winterfestigkeitsgrade entstehen (Fall 3). Es kann also durch Bastardierung gleichwertiger Linien unter Umständen große Variabilität erzeugt werden. Es muß dies nicht sein, sondern es kann sein; es wird der Fall nur sein, wenn genetische Unterschiede bei gleicher Linienvariabilität vorhanden sind.

Mutter Vater
Fall 3 . . . . ● ● . . . . . .

Was hier für Winterfestigkeit ausgeführt wurde, gilt mutatis mutandis für viele quantitativen Eigenschaften; so hat z. B. Vestergaard Fall 3 bezüglich Rostanfälligkeit bei Weizen beobachtet.

Blicken wir zurück, so muß uns die Frage entgegentreten: Was nutzt uns die Bastardierung von Eltern mit verschiedener Veranlagnng für quantitative Eigenschaften, wenn wir nach Jahren — bei Rüben nach sechs Jahren — Populationen mit innigster Mischung von Modifikationen und Variationen und mit großem Variationsspielraum vor uns haben, also das gleiche wie bei Verwendung wilder Flora (Gräser), jeder Landsorte (Getreide), jeden Feldbestandes (Rübe). Der grundlegende

und wichtige Unterschied zwischen dem anscheinend Gleichen liegt darin, daß die künstliche Bastardierung mit sorgfältiger Auswahl der Ausgangsformen Populationen schafft, in denen die uns erwünschten Variationen, seien es Neukombinationen von Eigenschaften oder bisher fehlende Plusvariationen, enthalten sein müssen. Aus solchen wird viel sicherer und rascher ein Fortschritt in Richtung auf das Zuchtziel zu erreichen sein als aus Populationen völlig unbekannter Zusammensetzung. Ist auch der Prozentsatz an Variationen, die uns unserem Zuchtziel näher führen, gering, so muß doch die Auslese innerhalb solch künstlich geschaffener Populationen wirksamer sein als aus Populationen unbekanter Zusammensetzung, ganz abgesehen davon, daß wir keinerlei Gewähr haben, daß in solcher Population Variationen vorhanden sind, die einen Fortschritt in der erstrebten Richtung darstellen.

Enthält eine künstlich erzeugte Population die angestrebte Kombination nicht, sei es, daß der Umfang der angebauten Population zu gering ist, oder daß zufällig die betreffende Kombination nicht gebildet wurde, so wird sie, im Gegensatz zur natürlichen Population, auch bei einem strengen Selbstbefruchter doch noch in den weiteren Generationen gebildet. Wenn wir zwei Leinlinien mittlerer Länge bastardieren, die je sechs Anlagen für Länge der Hauptachse enthalten, die aber nicht identisch sind (sie seien A, B, C, D, E, F genannt), so erhalten wir nach den Spaltungsgesetzen erst in einer F_2-Population von 4096 Individuen eine Pflanze, welche alle sechs Anlagen homozygot enthält und infolgedessen, abgesehen von den Modifikationseinflüssen, die längste Achse entwickeln müßte, also, genauer gesagt, in F_3 den höchsten Mittelwert für Pflanzenlänge der Nachkommenschaft aufweisen müßte. Es ist sehr unwahrscheinlich, daß diese eine Pflanze wirklich gefunden wird. Auch die nächste Größenklasse (5 Gene homozygot + 1 Gen heterozygot) wird nur in zwölf Fällen unter 4096 Pflanzen, also zu 3 %, gebildet. Selbst wenn diese nicht aus der F_2-Population gewählt werden, wird es genügen, Vertreter der nächsten Variantenklasse, die zu 15 % vorhanden sein muß, auszuwählen. Diese Variantenklasse wird Individuen folgender genetischer Konstitution enthalten:

AABBCCDDEEff, AABBCCDDEeFf, AABBCCDdEEFf,
AABBCCddEEFF usw.

Diejenigen Pflanzen dieser Klasse, die in bezug auf 5 Gene homozygot sind, werden in der Nachzucht die erwünschte günstigste Kombination nicht erzeugen, jedoch werden diejenigen Pflanzen dieser Variantenklasse, die nur 4 Gene homozygot, aber 2 Gene heterozygot enthalten (also die mit * bezeichneten Pflanzen), schon unter 16 Nachkommen je eine homozygote Pflanze mit allen 6 Genen liefern; dies sind schon 6,25 %, und Auslese der längsten Pflanzen aus solchen F_3-Beeten muß den Prozentsatz an Pflanzen, die alle 6 Gene homozygot in sich vereinen, rasch steigern, immer natürlich unter der Voraussetzung, daß Selbstbefruchtung eintritt. Es wird auf diese Weise im sechsten Jahr gelungen sein, die neue langwüchsige Form konstant zu isolieren. Im Gegensatz hierzu wird aber Auslese von Pflanzen gleicher Variantenklasse aus natürlicher Population, ebenfalls dauernde Selbstbefruchtung vorausgesetzt, zwar zur Fixierung dieser, gegenüber dem Mittel der Population wertvolleren Variation führen, aber in den weiteren Generationen keinen Fortschritt mehr ermöglichen, wie die klassischen Versuche Johannsens an Bohnen und Gerste gezeigt haben, die durch Fruwirth, Kraus, Kießling, Koch und viele andere bei anderen Pflanzen bestätigt worden sind.

So führt uns klares Durchdenken der Gesetze der Variabilität nach Bastardierung zu der Erkenntnis, daß Auslese innerhalb künstlicher Populationen, sofern sie in F_2, F_3 oder F_4 vorgenommen wird, einen durch mehrere Generationen sich steigernden Fortschritt bringt, während Auslese in natürlichen Populationen schon nach einmaliger Ausführung den größtmöglichen Erfolg gebracht hat.

Anders gestalten sich aber die Verhältnisse, wenn die Auslese nicht in F_2 oder F_3, sondern erst in späteren Jahren, etwa in F_7, einsetzt. Dann wird die Auslese aus einer künstlichen wie bei einer natürlichen Population wirken. Dies hat seinen Grund darin, daß die Zahl der Heterozygoten bei fortgesetzter Selbstbefruchtung rasch abnimmt. Da die fortgesetzte Selbstbefruchtung auch im Pflanzenreiche nicht vorwiegt, müssen wir uns überhaupt mit der Zusammensetzung der verschiedenen Generationen nach Bastardierung bei verschiedenen Fortpflanzungsverhältnissen beschäftigen.

Wird die F_2 ohne Auslese weitergebaut, so wird die Bastardierung $AA \times aa$ folgende Populationen in den einzelnen Generationen, auf je 1000 Individuen berechnet und gleichstarke Vermehrung aller Pflanzen vorausgesetzt, ergeben:

		AA	Aa	aa	Prozentsatz an Heterozygoten
bei ungeschlechtlicher Vermehrung	F_2 bis F_n	250	500	250	50
		250	500	250	50
bei Selbstbefruchtung (Gerste, Erbsen)	F_2	250	500	250	50
	F_3	375	250	375	25
	F_4	438	125	438	12,5
	F_5	469	62	469	6,3
	F_6	484	31	484	3,2
	F_n	500	0	500	0
bei geschlechtlicher Mischung aller Individuen, Fremdbefruchtung mit Selbststerilität verbunden (Roggen, Rotklee)	F_2	250	500	250	50
	F_3	250	500	250	50
	F_4	250	500	250	50
	F_5	250	500	250	50
	F_6	250	500	250	50
	F_n	250	500	250	50
bei $^1/_2$ Selbst-, $^1/_2$ Fremdbefruchtung (Mais)	F_2	250	500	250	50
	F_3	292	416	292	41,6
	F_4	313	374	313	37,4
	F_5	323	354	323	35,4
	F_6	326	347	326	34,7
	F_n	333	333	333	33,3
bei Geschwisterbefruchtung (gewöhnliche Inzestzucht bei Pflanzen und Tieren)	F_2	250	500	250	50
	F_3	250	500	250	50
	F_4	312	375	312	37,5
	F_5	344	312	344	31,2
	F_6	375	250	375	25,0
	F_n	500	0	500	0,0

Diese Zahlenverhältnisse sind vorwiegend durch Baas Becking, East, Heukels, Jennings und Pearl klargestellt worden und gelten selbstverständlich nur bei der theoretischen Annahme, daß alle Pflanzen gleichviele Nachkommen erzeugen und keinerlei Auslese getroffen wird. Nun wird aber nur selten die F_2 einer Bastardierung durch eine Reihe von Generationen ohne jede Auslese, auch ohne jede unbewußte Auslese, geschlechtlich vermehrt. Schon in der vierten und fünften Generation sind dem Umfang des Anbaues innerhalb der Zuchtarbeiten technische Grenzen gezogen. Und es liegt in der Tat keine Ursache vor, die uns veranlassen kann, jegliche Auslese in der F_2 und den weiteren Generationen zu unterlassen, solange es sich um qualitative Eigenschaften handelt. Es wird bei Züchtung zu praktischen Zwecken schon in der F_2-Auslese der dominanten oder der rezessiven Eigenschaften einsetzen. Solche bringt bei Selbstbefruchtung und nach Pisum-

Typus folgende Zusammensetzung der Generationen auf je 1000 Pflanzen berechnet:

	Auslese der dominant. Pflanzen			Heterozyg.	Auslese der rezessiv. Pflanzen			Heterozyg.
	AA	Aa	aa	Pflanzen:	AA	Aa	aa	Pflanzen:
F_2	250	500	250	50 %	250	500	250	50 %
F_3	500	333	167	33,3 %	0	0	1000	0 %
F_4	700	200	100	20,0 %	0	0	1000	0 %
F_5	833	111	56	11,1 %	0	0	1000	0 %
F_6	912	59	29	5,9 %	0	0	1000	0 %
F_n	1000	0	0	0 %	0	0	1000	0 %

Bei Vererbung nach dem Zea-Typus bringt Auslese der

	dominanten Pflanzen			intermediären Pflanzen			rezessiven Pflanzen		
	AA	Aa	aa	AA	Aa	aa	AA	Aa	aa
F_2	250	500	250	250	500	250	250	500	250
F_3	1000	0	0	250	500	250	0	0	1000
F_4—F_n	1000	0	0	250	500	250	0	0	1000

Und zwar gelten diese Zahlen sowohl bei Selbstbefruchtung als auch für jene Fälle, in denen nach Selbstbefruchtung durch Isolierung in der F_2, in der dritten und den weiteren Generationen Fremdbefruchtung einsetzt. Dies ist ein sehr wichtiger Unterschied gegenüber dem Anbau ohne Auslese! Er ist darin begründet, daß bei Vererbung nach dem Zea-Typus Auslese in F_2, sofern in dieser Schutz gegen Fremdbefruchtung angewandt worden ist, in der dritten Generation Individuenkreise mit gleicher Veranlagung schafft. Entweder sind alle F_3-Pflanzen homozygot oder alle heterozygot. Werden alle drei Typen (dominante, intermediäre und rezessive) weiter angebaut, was nur für wissenschaftliche Versuche in Betracht kommt, so müssen selbstverständlich diese drei Typen gegeneinander geschützt abblühen, sei es durch räumliche oder zeitliche Isolierung der einzelnen Individuenkreise.

Elfte Vorlesung.

Auslese.

Auslese ist Auswahl von Individuen oder Nachkommenschaften, wird auch mit dem Fremdwort Selektion bezeichnet, ist Zuchtwahl nur dann, wenn der betreffende Formenkreis der Fremdbefruchtung unterworfen ist. Die künstliche Auslese

durch den Menschen kann Gutes herausheben oder Schlechtes beseitigen; die natürliche Auslese arbeitet dagegen nur mit Beseitigung von Individuen oder ganzen Formenkreisen.

Wenn Müller in seinem bekannten Werke „Die Befruchtung der Blumen durch Insekten" sagte, daß: „sobald eine Auswahl in bestimmter Richtung stattfindet, die Auswahl, ganz abgesehen von äußeren Verhältnissen, ein Fortschreiten der Abänderung in derselben Richtung von Generation zu Generation eintreten wird," so kann dieser Ausspruch heute nicht mehr uneingeschränkt aufrechterhalten werden. Ihm liegt der Gedanke Darwins zugrunde, daß durch Häufung der immer vorhandenen kleinen Unterschiede, der individuellen kleinen Variationen in dem früher gebrauchten vagen Sinne dieses Wortes, durch Auslese ein Fortschreiten in gewünschter Richtung stattfindet, wenn die Auswahl der Individuen in dem bestimmten Sinn erfolgt. Allerdings waren es gerade Erfolge der Pflanzen- und Tierzüchter, welche Darwin dazu geführt haben, diesem Gedanken Ausdruck zu verleihen.

Zweierlei muß geschehen, um den Ausspruch Müllers als richtig ansehen zu können: wir müssen die Abänderungen auf erbliche Abänderungen, also auf das, was wir Variationen nennen, einschränken und Modifikationen unbedingt ausschließen, und wir müssen ein Fortschreiten der Auslesewirkung auf Fremdbefruchter einengen. Aber Auslese wirkt doch auch bei Selbstbefruchtern! Gewiß, aber ihre Wirkung bei diesen wie bei Vermehrung ist eine andere.

Wie wirkt demnach Auslese?

Bei Vermehrung und bei Selbstbefruchtern kann Auslese das Ererbte einfach erhalten. Wenn wir aus einer Population von Kartoffeln, die violett- und weißblühende Pflanzen enthält und solche mit länglichen wie solche mit kugeligen Knollen, eine Pflanze mit violetter Blüte und kugeligen Knollen auslesen und die vegetative Nachkommenschaft auch so beschaffene Pflanzen enthält, was fast ausnahmslos der Fall sein wird, so haben wir aus den vorhandenen Formenkreisen, durch Auslese des einen weiter vermehrten Individuums, diesen einen violettblühenden, kugeligknolligen Typus ausgelesen. Dieser war schon vorhanden; dessen Individuen waren aber mit solchen der anderen Formenkreise gemischt. Ebenso können wir durch Auslese nach Leistung, also bei quantitativ variablen Eigenschaften, in der Leistung verschiedene vegetative Linien aus einer solchen Population abscheiden.

Wie bei Vermehrung kann Auslese auch bei Selbstbefruchtung nur Ererbtes erhalten. Wählt man aus einer Population von Weizen behaart- und glattspelzige Individuen aus, so erhält man, wenn Bastardierung ausgeschlossen war und nicht etwa eine der seltenen spontanen Variationen erfolgte, Nachkommenschaften und weiter Nachkommenschaftsreihen aus einerseits behaart- und andererseits glattspelzigen Pflanzen. Das unterscheidende Merkmal ist leicht zu erkennen; ein Fortschreiten in seiner Ausprägung findet nicht statt.

Aber auch bei quantitativ variablen Eigenschaften hat Auslese bei Selbstbefruchtern die gleiche Wirkung. Wir erinnern uns an das Beispiel der Erbsenlinien, das wir in der vierten Vorlesung besprochen haben. In der ursprünglichen Population von Erbsenlinien mit untereinander verschiedener mittlerer Achsenlänge soll nun beispielsweise die Achsenlänge durch Auslese gesteigert werden, und wir wollen annehmen, daß alle Linien, auch die nicht ausgelesenen, jede für sich, weiter gebaut werden. Bei der Auslese seien nun zuerst Individuen gewählt worden, welche Linien angehörten, die in einem Jahr eine mittlere Achsenlänge von 43 und 50 besaßen. Wenn nur Individuen aus der Population gewählt wurden, so war diese Zugehörigkeit zu diesen Linien natürlich nicht bekannt. Unter den Nachkommen der gewählten Individuen wurden dann weitere Individuen gewählt, und man hat so — wir wollen es annehmen — das Glück gehabt, solche zu wählen, welche jener Linie angehören, die das höchste mittlere Ausmaß aufwies. So wurde scheinbar ein Fortschritt im Sinne der Auslese von einer Generation zur andern erzielt. Aber nur, wenn man die Population als Ganzes betrachtet, läßt sich die Annahme eines solchen Fortschrittes aufrechterhalten. Hätte man an Stelle der Auslese von Pflanzen eine solche von Nachkommenschaften vorgenommen, so hätte man schon bei der ersten Auslese die Nachkommenschaft entdeckt, welche der längsten Linie entspricht. In der Linie bringt Auslese dann keinen weiteren Fortschritt, solange nicht etwa eine spontane Variation erfaßt wurde; in der Population kann sie einen Fortschritt von Generation zu Generation bringen, wenn nur Individuen aus der Masse ausgelesen werden. In der Praxis kann sich auch bei Auslese von Nachkommenschaften ein Fortschritt einige Generationen hindurch ergeben: dann, wenn die Modifikabilität die verhältnismäßige Vererbung der Mittel stark

verschleiert und so die beste Linie oder die Gesamtheit der besten Linien erst später erkannt wird.

Das für den Züchter so wichtige Prinzip der Auslese von Nachkommenschaften an Stelle der bloßen Auslese von Individuen hat auch de Vries nachdrücklichst betont. Wir haben seine Bedeutung schon in der fünften Vorlesung gewürdigt. Es gilt in der Pflanzenzüchtung meist als Svalöfer Prinzip, ist aber, wie ich nachgewiesen habe, zuerst von Louis Lévêque de Vilmorin 1858 ausgesprochen worden. Mendel wendete es bei seiner Bastardierungsforschung auch an. Nachkommenbeurteilung haben dann, unabhängig voneinander, zuerst Beseler-Weende 1887, Nilsson in Svalöf seit 1892, v. Lochow-Petkus 1894, Steiger-Leutewitz 1897, Hopkins in Illinois 1897, Hays in Minnesota 1898 angewendet.

Das Beispiel, das de Vries gelegentlich der Betonung des Wertes der Auslese von Nachkommenschaften bringt, ist aber nicht gut gewählt. Er sagt mit Beziehung auf die Roggenzüchtung Rimpaus: „Deshalb können wir annehmen, daß, wenn Rimpau bei Beginn seiner Versuche vor 50 Jahren unsere gegenwärtige Kenntnis der Variabilität gehabt hätte, er die Körner seiner ausgewählten Ähren gesondert gesät und aus den erhaltenen Zuchten sofort jene beste ausgewählt haben würde, die jetzt den Namen des Besitzes trägt. Nicht fortdauernder Anbau wäre nötig gewesen, und die scheinbar langsame und allmähliche Verbesserung einer Rasse durch Auslese wäre erspart worden.“ Der Satz würde zutreffen, wenn Roggen Selbstbefruchter wäre, und in dem heute bereits besprochenen Beispiel von dem Selbstbefruchter Erbse sind wir zu einem Schluß gekommen, der dem von de Vries für Roggen gezogenen entspricht. Roggen ist aber Fremdbefruchter, und bei einem solchen wirkt die Auslese anders! Wir wissen, daß bei einem solchen durch die Fremdbefruchtung ständig eine Mischung von Anlagen eintritt. Die einmalige Auslese von Individuen und der getrennte Bau der Nachkommenschaften hätte nichts genützt; denn jedes Ausgangsindividuum (jede Ähre) hatte ja verschiedenen Anlagenbesitz mitgebracht, da es im Bestand abgeblüht hatte; es hätte sich dann mit den anderen Ausgangsindividuen geschlechtlich gemischt, und weitere solche Mischung wäre bei den Nachkommenschaften eingetreten. Hätte die Pflanze — oder wie bei Rimpau die Ähre — aber geschlechtlich isoliert abgeblüht, so wäre wohl überhaupt keine Frucht angesetzt worden, oder, wenn dieses der Fall gewesen wäre, so

wären die Nachkommen auch durchaus nicht einheitlich gewesen, da ja die Nachwirkung früherer, vielseitiger Befruchtungen vorhanden gewesen wären.

Bei Fremdbefruchtung wird die Auslese so wie nach einer Bastardierung wirken. Sie wird unter den vorhandenen Variationen bei qualitativ variablen äußeren Eigenschaften, die nach einer Bastardierung auftraten, auslesen, und wir werden in der einundzwanzigsten Vorlesung sehen, wie wichtig es auch da ist, die Nachkommenschaften der einzelnen Pflanzen getrennt zu säen und geschlechtlich getrennt zu halten. Eine Steigerung einer solchen qualitativ variablen äußeren Eigenschaft wird dabei im allgemeinen nicht zu erzielen sein, wohl aber ist ein Fortschritt im Sinne der Auslese durch Steigerung der Zahl der Individuen, welche die gewünschte Eigenschaft zeigen, möglich.

In der letzten Vorlesung habe ich hervorgehoben, daß wir nicht vergessen dürfen, daß die Variabilität, die sich nach Bastardierung bei quantitativ variablen inneren Eigenschaften neben der Variabilität der qualitativ schwankenden findet, auch bei Fremdbefruchtung in äußerlich einheitlichen Formenkreisen sich zeigt. Natürlich nur dann, wenn, was ja wohl ausnahmslos der Fall ist, der äußerlich einheitliche Formenkreis aus einem geschlechtlichen Gemisch von biologischen Linien besteht, die sich demnach in solchen Eigenschaften, der Anlage nach, unterscheiden. Auslese kann da, durch geschlechtliches Zusammenbringen von Individuen aus günstig veranlagten Nachkommenschaften, nicht nur erhalten, sondern Fortschritte in der Richtung der Auslese durch Steigerung — im bestimmten Fall Minderung — des Ausmaßes der betrachteten Eigenschaft erzielen.

Zwölfte Vorlesung.

Pflanzenzüchtung. Allmacht der Züchtung.

Pflanzenzüchtung ist die Benutzung bereits vorhandener erblicher Unterschiede oder die Schaffung neuer Vereinigungen solcher. Vorhandene Unterschiede können sich bei einzelnen Individuen finden oder schon bei ganzen Formenkreisen, deren Angehörige aber noch mit jenen anderer gemengt sind. Die Züchtung hat in beiden Fällen — wir haben dies bei den Erörterungen über Auslese erfahren — nur zu erhalten und zu

sondern. Schaffung neuer Vereinigungen erblicher Unterschiede wird heute von der ausübenden Züchtung nur auf dem Wege geschlechtlicher Vereinigung verschieden veranlagter Individuen vorgenommen. Die Hervorlockung spontaner Variationen durch künstliche Eingriffe ist bisher nur von Forschern (Baur, Kießling) erfolgreich versucht worden.

In den 80er Jahren des letzten Jahrhunderts lebte in Kalifornien ein Handelsgärtner Burbank, der sich züchterisch mit einer Reihe von Blumen- und Obstarten befaßte. 1893 gab er seinen ersten Katalog „Neuzüchtungen von Früchten und Blumen" heraus und seither hat er eine Fülle von Neuheiten auf den Markt gebracht. In der Tagespresse wurde er von übereifrigen Berichterstattern zum Wundermann des Santa Rosa county gestempelt. Unter dem Titel „Luther Burbank ein erfolgreicher Züchter, kein Zauberer" habe ich dann in der „Wiener landwirtschaftlichen Zeitung" darauf hingewiesen, daß auch Burbank nur mit jenen Mitteln arbeiten konnte, die auch anderen Züchtern zur Verfügung stehen, und daß das, was zum guten Teil seine großen Erfolge erklärt, das Aufgebot der Massen war. Je zahlreicher das Material ist, aus welchem die Auslese sondert, desto eher kann das hervorragende Individuum, „the big one", gefunden werden; je zahlreicher die Bastardierungen sind, desto eher kann darunter die günstigste sein.

Das mächtige Wort von der „Allmacht der Züchtung" muß überhaupt kritisch betrachet werden. Züchtung kann, soweit wir gegenwärtig unsere Macht kennen, nur durch Auslese allein oder Bastardierung und Auslese wirken.

Bei Vermehrung und Selbstbefruchtung kann Auslese nur Vorhandenes ausscheiden. Sie kann Populationen in ihre Bestandteile auflösen oder durch spontane Variabilität oder seltene spontane Bastardierung geschaffene neue Anlagen oder neue Anlagenkombinationen erfassen und erhalten.

Anders, schon mächtiger, wirkt die Auslese bei Fremdbefruchtern; sie kann bei quantitativ variablen Eigenschaften die ständig vor sich gehende Mischung von Anlagen beeinflussen, in eine bestimmte Richtung bringen, indem sie nur gute Individuen aus Nachkommenschaften mit bestimmtem Ausmaß von Eigenschaften geschlechtlich zusammentreten läßt. Das wird langsam zum Ziele führen, wenn die Pflanzen und Nachkommenschaften erst nach dem Abblühen beurteilt und ausgelesen werden können; rascher, wenn dieses vor dem Blühen geschehen kann. Inzestzucht mit Selbstbefruchtung wird das

Ziel rascher erreichen lassen als gewöhnliche Inzestzucht. So wie bei Fremdbefruchtern Inzestzucht günstige Formenkreise isolieren kann, ebenso ist es auch möglich, durch dieselbe aus dem geschlechtlichen Formengemisch die ungünstigen Anlagen durch Isolierung von Formenkreisen, die sie homozygotisch enthalten, auszuscheiden. Bei Fortdauer der Fremdbefruchtung können sich solche Anlagen immer wieder erhalten, da Pflanzen mit denselben mit Pflanzen ohne dieselben zusammentreten. So z. B. die verschiedenen ungünstigen Anlagen für Fehler bei der Chlorophyllausbildung, die alle rezessiv sind.

Auch die Bastardierung in Verbindung mit Auslese kann nicht Beliebiges schaffen, wohl aber nicht nur neue Formenkreise, sondern auch neue Formen. Bastardierung kann beispielsweise bei Erbse die Eigenschaft, zusammenhängende Körner in den Hülsen zu bilden, die sich bei einer von de Vilmorin verbreiteten Form, pois en chenille, findet, auf alle übrigen Erbsenformen übertragen, aber sie kann beispielsweise so lange nicht Weizenformen schaffen, deren Körner keine Längsrinne besitzen, als nicht eine Weizenform mit dieser Eigenschaft vorhanden ist. Bastardierung kann bei einer Art, wenn viele Bastardierungen für dieselbe vorliegen, so daß das Verhalten einer Reihe von Eigenschaften bei solcher bekannt ist, diese Eigenschaften mischen und eine ungemein große Zahl neuer Kombinationen derselben schaffen, die Eigenschaften „wie die Blätter eines Kartenspieles“ mischen. Formen mit neuen Eigenschaffen, neue Formen aber kann auch sie nur hervorbringen lassen, soweit die vorhandenen Anlagen bei Zusammenwirken oder Trennung solche entstehen lassen.

Dreizehnte Vorlesung.

Wer züchtet? Wie wird man Züchter?

Wenn wir die Entwicklung der Züchtung in der ganzen Welt einheitlich überblicken, so erkennen wir, daß zielbewußte Züchtung landwirtschaftlicher Pflanzen zuerst von einzelnen Landwirten auf ihren Wirtschaften begonnen worden ist. Neben dieser Züchtung durch einzelne selbständige Landwirte haben sich später zwei weitere Formen des Züchtungsbetriebes entwickelt: die Züchtung an öffentlichen Anstalten — landwirtschaftlichen Lehranstalten, Versuchsstationen, Pflanzen-

zuchtanstalten, Samenprüfungsanstalten — und die Züchtung durch öffentliche Anstalten mit einzelnen Landwirten.

Soweit Pflanzenzüchtung nicht nur aus wissenschaftlichem Interesse betrieben wird, hat sie ja immer die Aufgabe, größere Mengen von Saatgut, das züchterisch beeinflußt worden ist, zu liefern. Jede Züchtung muß daher mit Saatgutbau in Verbindung stehen. Bei einzelnen selbständig züchtenden Landwirten war dies anfänglich immer der Fall, und oft ist der einzeln züchtende Landwirt auch heute noch Besitzer einer Wirtschaft, die allein alles von der Züchtung stammende Saatgut als Originalsaatgut liefert. Unter diesem versteht man in der Pflanzenzüchtung die Ernte solcher Bestände, die auf die Samen von Pflanzen zurückzuführen sind, die vom Züchter ausgelesen wurden (Auslesesaatgut), und bei welchen die von ihm durchgeführte oder überwachte Vervielfältigung bereits so weit vor sich gegangen ist, daß die Ernte das zum Verkauf gelangende Saatgut dieser Züchtungen liefern kann. Eine Wirtschaft, die Züchtung und den ganzen Saatgutbau bis zur Gewinnung von Originalsaatgut oder doch bis zur vorletzten oder meist letzten Absaatstufe vor Gewinnung von Originalsaatgut betreibt, ist eine Saatzuchtwirtschaft.

Mit Zunahme des Interesses an den Ergebnissen der Pflanzenzüchtung wuchs die Nachfrage nach Originalsaatgut, und der einzeln züchtende Landwirt konnte auf eigener Fläche den Saatgutbau nicht immer so weit ausdehnen, daß er den Bedarf decken konnte. Die für den gesteigerten Saatgutbau notwendige Fläche wurde dann auf verschiedenen Wegen beschafft, durch Zusammenschluß mehrerer Wirtschaften zu einer Genossenschaft m. b. H. oder zu einer Aktiengesellschaft, oder einer loseren Vereinigung, am häufigsten aber durch Verträge mit anderen Wirtschaften, die als Vervielfältigungswirtschaften, Anbaustationen, auch Vermehrungsstellen, Zweigzuchtstellen genannt, lediglich einen Teil des Saatgutbaues bis zur Gewinnung von Originalsaatgut zu übernehmen haben[1]).

[1]) Nach dem letzten D.L.G.-Beschluß ist Originalsaatgut:
a) bei Landsorten das Saatgut, welches in dem Heimatgebiet der Sorte gewonnen wird;
b) bei durch Züchtung entstandenen Sorten die 1. Verkaufsware, welche im Betriebe des Züchters bzw. dessen Rechtsnachfolgers oder in seinen Vermehrungsstellen gewonnen wurde.

Als Vermehrungsstellen gelten diejenigen Wirtschaften, in welchen unter Verantwortung des Züchters sein letztes, selbst gewonnenes, nicht in den Handel gebrachtes Zuchtsaatgut, wie in der Wirtschaft des Züchters selbst, durch einmaligen Anbau vermehrt wird.

Züchtung an öffentlichen Anstalten findet sich besonders häufig in den Vereinigten Staaten von Nordamerika und bei kolonialen Gewächsen. Sie ergab sich entweder aus dem Bedarf an gezüchtetem Saatgut in Ländern mit nicht oder nur wenig entwickelter Züchtung durch einzelne selbständige Landwirte oder bei Pflanzen, bei welchen der einzeln züchtende Landwirt keinen wirtschaftlichen Erfolg erzielen kann, oder aber einfach dadurch, daß bei den Züchtungsverfahren solcher Anstalten sehr wertvolles Material erhalten wurde. Soweit die Flächen nicht für entsprechenden Saatgutbau ausreichten, wurden, so wie von einzeln züchtenden Landwirten, Vervielfältigungswirtschaften herangezogen oder auch ganze Züchtungen zur Weiterführung von Züchtung und Saatgutbau an einzelne Landwirte abgegeben.

Die Züchtung durch öffentliche Anstalten mit einzelnen Landwirten wird in einigen Ländern durchgeführt. Auch sie wurde in Ländern begonnen, die zurzeit eine nicht oder nur schwach entwickelte private züchterische Tätigkeit aufwiesen. Auf Erzeugung großer Mengen von Originalsaatgut wurde nur selten hingearbeitet; meist erfolgte die Züchtung bei Besitzern kleiner bäuerlicher Wirtschaften, und das Originalsaatgut sollte hauptsächlich örtlich verbreitet werden. Andere bäuerliche Wirtschaften spielten dabei die Rolle von Vervielfältigungswirtschaften. Oft geschah die Verbreitung durch örtliche Vereinigungen, wie solche vorbildlich in Bayern, dann Württemberg geschaffen worden sind, nicht nur als Saatbau-, sondern auch als Ackerbauvereine.

Schwierig ist die Frage „Wie wird man Pflanzenzüchter?“ klipp und klar zu beantworten. Es läßt sich gewiß ausführen, daß die normale Vorbildung dazu einerseits die Anhörung von Vorlesungen über Vererbungslehre und Pflanzenzüchtung oder doch einer dieser Vorlesungen ist, oder aber, wenn dieses nicht möglich ist, das Studium eines Buches über Vererbungslehre und, oder nur, eines solchen über Pflanzenzüchtung und in beiden Fällen andererseits die praktische Betätigung auf einer Saatzuchtwirtschaft oder an einer züchtenden öffentlichen Anstalt. Dabei kann nicht übersehen werden, daß

---

[1] Diese Begriffsumschreibung deckt sich für Züchtungssorten auch mit der eben gegebenen. Für Landsorten, für welche der Begriff in dieser Vorlesung nicht umschrieben worden ist, bedarf es schärferer Umschreibung, wenn nicht vorher der Begriff Landsorte, so wie in der 4. Vorlesung, scharf gekennzeichnet worden ist.

Pflanzenzüchter auch ohne eine solche Vorbildung zu sehr schönen Erfolgen gelangt sind. Ein Körnchen Wahrheit liegt eben in dem Satz: „Der Züchter wird geboren, nicht erzogen", wenn auch der Satz keineswegs gegen eine gründliche theoretische und praktische Vorbildung geltend gemacht werden kann.

Der Landwirt, der sich der Pflanzenzüchtung zuwendet, wird dieses oft erst tun, nachdem er einige Jahre hindurch sortenvergleichende Versuche durchgeführt hat. Solche Versuche lehren ihn verschiedene Sorten kennen, sie vergleichend beurteilen und üben ihn, bei ihrer Durchführung, in Arbeiten ein, die er bei dem Vergleich von Züchtungsergebnissen braucht. Auch der Betrieb einer Saatbauwirtschaft leitet oft zur Durchführung von Pflanzenzüchtung. Wir wissen ja, daß jede Pflanzenzuchtwirtschaft auch Saatgutbau betreiben muß, und wenn die Einrichtungen für diesen tadellos vorhanden sind, läßt sich Züchtung dann leichter angliedern.

Eines muß sich jeder angehende Züchter vor Augen halten: die Wirtschaftsführung, die schon durch einfachen Saatgutbau stark beeinflußt wird, wird dies durch die Einführung der Züchtung noch weit mehr. Die Anforderungen an Scheunen, Böden und Maschinen, insbesondere aber auch an die Leute, wachsen weiter; dazu kommt die Beschaffung der für die Züchtung selbst notwendigen Behelfe. Der technische Erfolg züchterischer Tätigkeit kann naturgemäß erst nach einer längeren Reihe von Jahren eintreten, der wirtschaftliche nach einer weiteren Reihe, und bis dahin sind die geldlichen Aufwendungen recht erheblich.

Vierzehnte Vorlesung.

Die Züchtungsbehelfe.

Der Züchter muß in der Lage sein, Individuen und Nachkommenschaften unter möglichst gleichen äußeren Verhältnissen miteinander vergleichen zu können, um nach Möglichkeit bei der Beurteilung quantitativ variabler Eigenschaften Täuschungen durch Modifikabilität ausschließen zu können. Er wird daher, besonders wenn es sich um die Beurteilung solcher Eigenschaften handelt, sämtliche Pflanzen unter möglichst gleiche Standortsverhältnisse bringen. Er wird dabei auch für den Vergleich von Individuen und Nachkommenschaften bei solchen Pflanzen,

welche bei gewöhnlicher Kultur dicht stehen, weiteren Standraum wählen.

Bei Pflanzen, welche bei gewöhnlicher Kultur schon weiter voneinander stehen, wird nur ein möglichst gleichartig beschaffenes Feldstück zu wählen sein, ein Zuchtfeld, das in der Fruchtfolge weiterwandert, bei kolonialen Gewächsen ein Teil der Plantage. Die Pflanzen stehen dann in jenen Entfernungen, die bei gewöhnlicher Kultur derselben üblich sind, bei den zweijährigen Rübengewächsen im ersten Lebensjahr auch so, nur im zweiten weiter. Fremdbefruchter bieten auch da wieder Schwierigkeiten, da Zuchtmaterial bei ihnen nicht neben Pflanzen der gewöhnlichen Kultur stehen kann.

Bei Pflanzen, die auf dem Felde dicht stehen, wird es, um gute Beurteilung und gleichmäßigen Wachsraum zu ermöglichen, notwendig, weiteren Standraum und Dibbelstellung zu wählen, und man bringt solche Pflanzen in einen Zuchtgarten.

Als Zuchtgarten wird eine Fläche bezeichnet, welche feldmäßige Boden- und Düngungszustände aufweist und Gelegenheit bietet, Pflanzen unter möglichst gleichartigen Verhältnissen, geschützt vor Gefahren, zu erziehen. Meist wird als Zuchtgarten eine Fläche ständig verwendet und dann eingezäunt und in bestimmter Fruchtfolge bewirtschaftet, die allgemeine Düngemittel bei einer in Züchtung befindlichen Pflanzenart möglichst ausschließt. Ein solcher ständiger Zuchtgarten bietet den Vorteil, daß man eine dem Züchter bequem gelegene Fläche heranziehen kann, daß man die Bodenverhältnisse genau kennt und möglichst gleichmäßige Bearbeitungs- und Düngungsverhältnisse erzielen kann, und daß Schutz gegen Menschen und Tiere (Gitter) leichter zu geben ist. Ein Nachteil bei einzelnen Pflanzen ist in der Sperlingsgefahr gegeben, die naturgemäß in Häusernähe größer ist. Die geschlechtliche Trennung kann, auch bei ständigem Zuchtgarten, zur Anlage mehrerer solcher führen.

Bei Wahl eines wandernden Zuchtgartens kann man bei Fremdbefruchtern zu dem Aushilfsmittel greifen, diesen in einen Schlag zu legen, der eine ähnliche Frucht trägt, z. B. den Roggenzuchtgarten in den Winterweizenschlag, den Erbsenzuchtgarten in einen Wickenschlag.

Die Bodenbearbeitung und Düngung im wandernden Zuchtgarten wird jene sein, welche der Frucht im Schlag gegeben wird. Im ständigen Zuchtgarten wird man, wenn irgend mög-

lich, auch feldmäßige Bearbeitung geben, und es gelingt dies bei Verwendung einspänniger kleiner Geräte auch bei festem Gitter, wenn Anwände zwischen den Schlägen desselben und an den Seitengrenzen gelassen werden, sonst dadurch, daß man die Gitterfelder an den zwei Seiten zum Ausheben einrichtet. Muß Bearbeitung mit Handgeräten ausgeführt werden, so soll diese keineswegs gartenmäßig, sondern möglichst den Verhältnissen der Feldkultur nahe sein. Die Düngung wird man im ständigem Zuchtgarten vorwiegend durch Kunstdünger und möglichst gleichmäßigen Kompost geben.

Bei der Saat ist, insbesondere wenn quantitativ schwankende Eigenschaften beurteilt werden sollen, auf gleiche Entfernung der Reihen und der Pflanzen in den Reihen zu sehen. In einfachster Weise kann solche schon dadurch erzielt werden, daß man an den Längsseiten des Beetes je eine Schnur spannt, die in den gewählten Reihenabständen Marken trägt, ein Brett legt, das dem Reihenabstand entspricht, längs diesem Brett mit einer Haue mit spitzem Blatt eine Rinne herstellt, an die vom Brett abgekehrte Wand der Rinne eine Meßlatte legt und die Körner nach den Marken der Meßlatte in die Rinne bringt. Zur Ausführung der Saat ist aber auch eine Reihe von Apparaten gebaut worden, welche die Herstellung von Vertiefungen im Boden, „Löchern“ oder Rinnen bewerkstelligen, so — mit Einfacherem beginnend: Svalöfs Lochbrett, Kießlings Weihenstephaner Dibbellatte, Pflanzrechen Freudls, Lochmaschine von v. Rümker (Korant-Berlin), Stephanis Sämaschine (Drescher-Halle a. d. Saale).

Bei Beurteilung quantitativ variabler Eigenschaften trachtet man auch, die Reihen ohne Leerstreifen auf einem Beet anzuordnen und führt Trennungen der Nachkommenschaften mit Pflanzen einer anderen Art durch, die der gezüchteten in ihren Ansprüchen möglichst ähnlich ist, oder — bei Selbstbefruchtern — mit minderwertigen Pflanzen derselben Zucht. Randreihen an den Schmalseiten und Randpflanzen in jeder Reihe an den Längsseiten bildet man auch aus derartigen Pflanzen.

Künstlicher Schutz gegen ungewollte Bestäubung kann bei einzelnen Pflanzen oder Teilen solcher, wenn Windbestäubung in Frage kommt, durch Pergaminbeutel, Glashüllen mit Watteverschluß gegeben werden oder, wenn die Pflanzen auf Insektenbestäubung angewiesen sind, durch Tüll- oder Gazebeutel. Bei ganzen Nachkommenschaften werden zu gleichem Zweck Kästen verwendet, die aus Holzrahmen be-

stehen, die mit Pergamin oder Öltuch oder aber, bei Insektenbestäubung, mit Tüll oder Gaze überzogen werden.

Schutz gegen ungewollte Bestäubung kann aber auch durch zeitliche und räumliche Isolierung gegeben werden. Wenn die zu schützenden Pflanzen durch entsprechendes Abschneiden oder Heranziehen derselben im Zimmer, Gewächshaus wesentlich früher oder wesentlich später als andere der gleichen Art blühen, so ist der Schutz ein vollständiger. Es ist aber nicht allzuleicht, wegen der Nachzügler, besonders bei Gräsern, einen größeren zeitlichen Abstand und so Sicherheit zu erzielen. Eher noch schwieriger ist es, größere Sicherheit bei räumlicher Isolierung zu erreichen. Man nimmt ja gewöhnlich an, daß 300 m Entfernung genügt. Oft wird schon eine geringere Entfernung ausreichenden Schutz gewähren; oft genügt das Vielfache derselben nicht. Windrichtung, Windstärke, Verhältnis der Größe des zu schützenden und des anderen Bestandes, Menge der Insekten, Art ihres Fluges und ihrer Blütenbesuche, all das beeinflußt. Je kleiner der zu schützende Bestand der Züchtung gegenüber dem anderen Bestand ist, um so mehr ist der erstere, bei sonst gleichen Verhältnissen, gefährdet, wie Heribert Nilsson durch schöne Versuche mit Roggen nachgewiesen hat.

Einzelne Pflanzen und Nachkommenschaften müssen aufbewahrt, entkörnt, untersucht werden. Dazu bedarf es geeigneter Räume und geeigneter Vorrichtungen.

Der Aufbewahrungsraum hat bei Körnerfrüchten in erster Linie Sicherheit gegen Beschädigung durch Mäuse und Vögel zu bieten und muß ausreichende Lüftung zulassen; je nach den Mitteln kann er sonst verschieden ausgestattet sein. Die Bunde können an S-Haken an Längsdrähten unter der Decke aufgehängt oder auf Spieße gesteckt werden, die aus einem kreuzartigen Holzfuß emporragen. Die bei der Aufarbeitung der Nachkommenschaften erhaltenen Körner werden in Kästen mit Drahtnetzwänden auf Pappapiertellern aufbewahrt oder, bei größeren Mengen, in aufeinandergestellten Holzkästen mit Lattenboden, wie sie Kießling verwendet (Abb. 14). Bei Knollen- und Wurzelfrüchten muß, soweit die Aufbewahrung nicht in Mieten geschieht, ein trockener, frostfreier, lüftbarer Raum zur Verfügung stehen, der Sicherheit gegen Mäusefraß bietet, und dessen Temperatur nieder gehalten werden kann.

Im Aufarbeitungsraum dient ein großer Tisch oder eine Mehrzahl solcher zum Auslegen der Pflanzen, ein Kasten mit

Drahtgitterwänden zur Aufbewahrung von kleinen Mengen von Körnern. Weiter benötigt man in demselben Vorrichtungen zum Entkörnen. In einfachster Weise werden dazu bei einzelnen Pflanzen Tücher verwendet und die Körner der in dieselben eingehüllten Fruchtstände ausgerieben. Von Apparaten zum

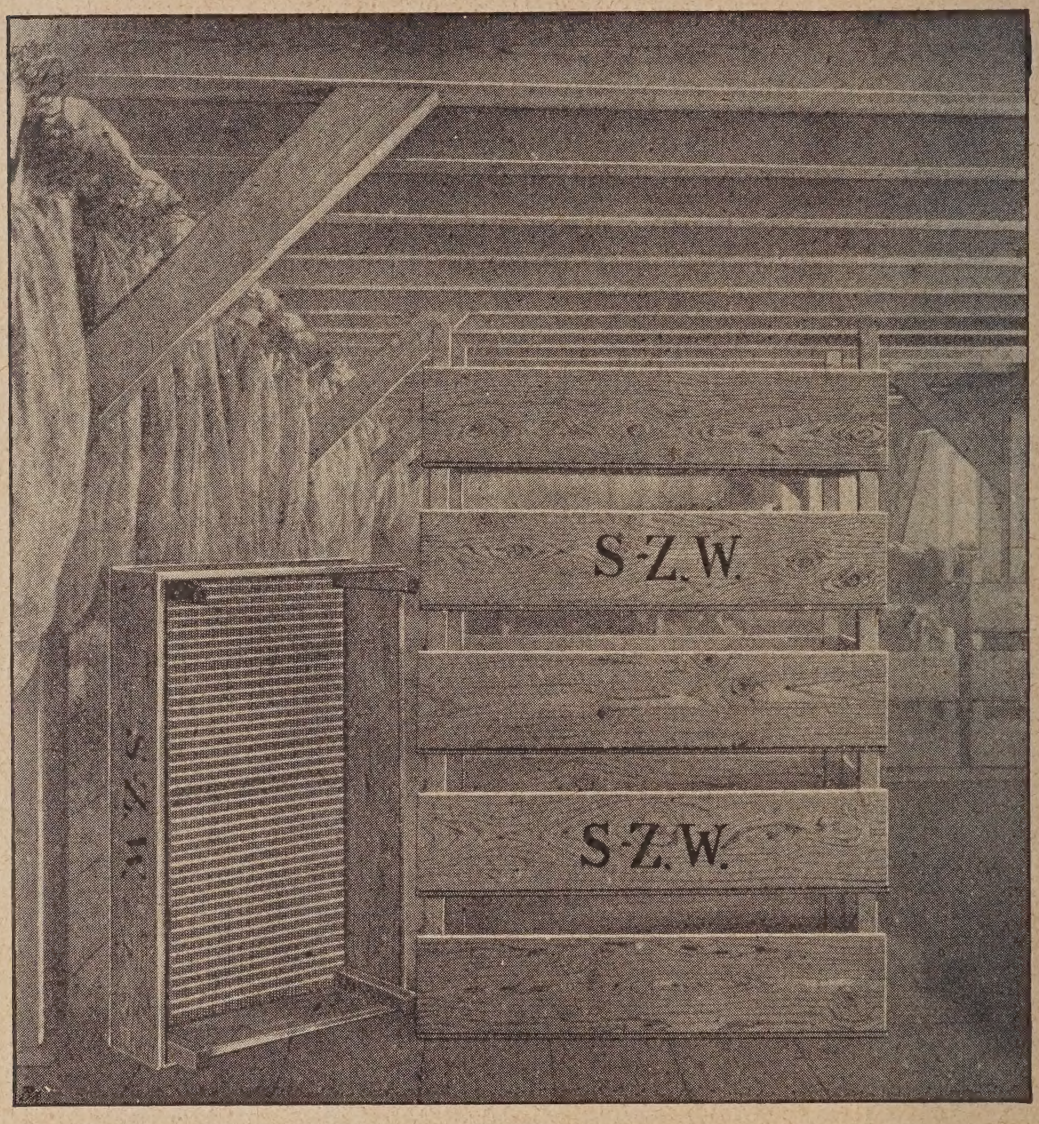


Abb. 14. Aufbewahrungskästen für Körner nach Kießling.

Entkörnen einzelner Fruchtstände ist jener von Carsten, den v. Seelhorst-Göttingen verwendet, einfach und zweckmäßig. v. Rümker hat bei Korant-Berlin eine Dreschmaschine zum Entkörnen einzelner Pflanzen bauen lassen. Das Abblasen der Spreu geschieht bei Einzelpflanzen oft mit dem Mund, gelingt sehr gut mittels Ansaugung durch den „Aspirateur“, Eben-Leipzig. Die Sortierung kann mit Probiersiebsätzen vor-

genommen werden, wie sie Röber-Wutha, Heid Akt.-Ges.-Stockerau liefert. Zum Drusch einzelner Nachkommenschaften wird sehr oft der Flegel herangezogen; sonst dient dazu eine Handdreschmaschine ohne Reinigung. v. Rümker hat die Richtersche Stiftendreschmaschine zu diesem Zweck benutzt. Die Reinigung kann durch die Modellputzmühle, die Sortierung durch die Modellwindfege von Röber-Wutha erfolgen.

Zur Untersuchung der Nachkommenschaften und einzelnen Pflanzen dienen, neben einfachen Hilfsmitteln, je nach der gezüchteten Pflanze und der Art der Untersuchung verschiedene Apparate.

Zu den fast immer notwendigen Festellungen des Gewichtes stehen bei Körnerfrüchten für kleinere Körnermengen Schalenwagen, Briefwagen oder die Wage von v. Seelhorst-Göttingen zur Verfügung, für einzelne Pflanzen von Körner-, Knollen- und Wurzelfrüchten Schalenwagen, für solche von Körnerfrüchten auch besondere Wagen, so Kießlings Pflanzenwage, Korant-Berlin, v. Vogelsangs Wage, Grottkus-Danzig, Pammer und Freudls Wage, Florenz-Wien, für Nachkommenschaften von Körner-, Knollen- und Wurzelfrüchten eine gewöhnliche Dezimalwage oder besondere Wagen, wie jene nach Kießling, Wagner und Münz-München oder die Wage der Firma Geppert-Darmstadt, die sich sehr gut für Nachkommenschaften bei Futterpflanzen eignet.

Zu Längenmessungen genügt für Arbeiten in der Praxis ein in die Tischplatte eingelassener Meßstab, zu Dickenmessungen eine Präzisionsschublehre (Arthur Meißner-Freiburg im Breisgau) oder die Meßgabel, die Apel-Göttingen verfertigt.

Ein Rechenschieber ist ein gutes Hilfsmittel, auch bei einfachem Züchtungsbetrieb, dient auch sonst in der Wirtschaft. Lang hat ihn besonders für Züchtungszwecke ausgestattet (Faber-Nürnberg).

Sobald der Gehalt an einzelnen Stoffen bestimmt werden soll, so des Öls bei Raps, des Faseranteils bei Lein, des Zuckers bei Zuckerrübe, ist eine Laboratoriumseinrichtung nötig, welche diese Untersuchung durchführen läßt.

Im Arbeitsraum sind dann auch Teller aus Pappe, wie sie auf Ausstellungen verwendet werden, nötig, und die verschiedenen Aufzeichnungen, welche der Züchtungsbetrieb bedingt, werden zweckmäßig dort aufbewahrt. Solche Aufzeichnungen lassen sich in jene trennen, welche auf dem Felde und im Zuchtgarten gemacht werden, und in jene, welche sich bei der

Aufarbeitung im Arbeitsraum, in der Scheuer und auf dem Schüttboden ergeben. Dazu können dann Darstellungen in Tafelform kommen, welche den Verlauf der Züchtung zeigen: Stammbaumdarstellungen, und diese können durch Bilder Ergänzung finden. Hansen hat auch empfohlen, eine schriftliche Darstellung des gesamten Ganges des bei den einzelnen Züchtungsarten auf der Zuchtstätte eingeführten Auslesevorganges und seiner im Laufe der Zeit erfolgten Änderungen zu geben. Bei dem an manchen Zuchtstätten bedauerlich häufigen Wechsel der Zuchtleiter ist eine derartige Aufzeichnung tatsächlich von großem Wert.

Daß bei der Durchführung einzelner Züchtungen, so bei Anwendung der Vermehrung bei Rübe, Luzerne, ein Glashaus, bei vielen Züchtungen ein Warmbeet oder ein kalter Kasten zur Heranziehung von Pflänzchen so, bei Kartoffel-, Gras-, Kleezüchtung, gute Dienste leistet, sei nebenbei erwähnt.

Bei jeder der Züchtungsarten ist Vervielfältigung des Auslesesaatgutes und vergleichende Prüfung der einzelnen Zuchten und Formenkreise notwendig, die kürzer oder länger fortgesetzt wird. Einfacher ist eine solche Prüfung bei Selbstbefruchtern, sehr schwierig bei Fremdbefruchtern. Zunächst kann bei solchen die Prüfung von getrennt gehaltenen Zuchten nur entfernt von der Vervielfältigung stattfinden; dann kann man die Ernte nicht als Zuchtsaatgut verwenden, wenn die Zuchten stärker voneinander verschieden sind und unter getrennter Bezeichnung in Handel kommen sollen.

Die Durchführung der vergleichenden Prüfung und die rechnerische Verarbeitung der Ergebnisse wird in einer besonderen Vorlesung am Schlusse der Vorlesungsreihe (Vorl. 22) vorgeführt werden.

Fünfzehnte Vorlesung.

Züchtungs- und Auslesearten.

Nach Zweck der Züchtung und Art der benutzten Variabilität lassen sich verschiedene Arten der Züchtung unterscheiden. Im Züchtungsbetrieb verwischen sich oft die Unterschiede und, besonders oft wird Neuzüchtung mit Veredlungszüchtung vereint.

Bei Veredlungszüchtung wird von äußeren Eigenschaften abgesehen und nur eine Steigerung, Erhaltung oder

Minderung des Ausmaßes einer der quantitativ variablen Leistungseigenschaften oder mehrerer solcher angestrebt. Dabei wird zuerst ein bei äußeren Eigenschaften einheitlicher Formenkreis zugrunde gelegt. Das Material für die Auslese wird durch quantitative Variabilität geboten.

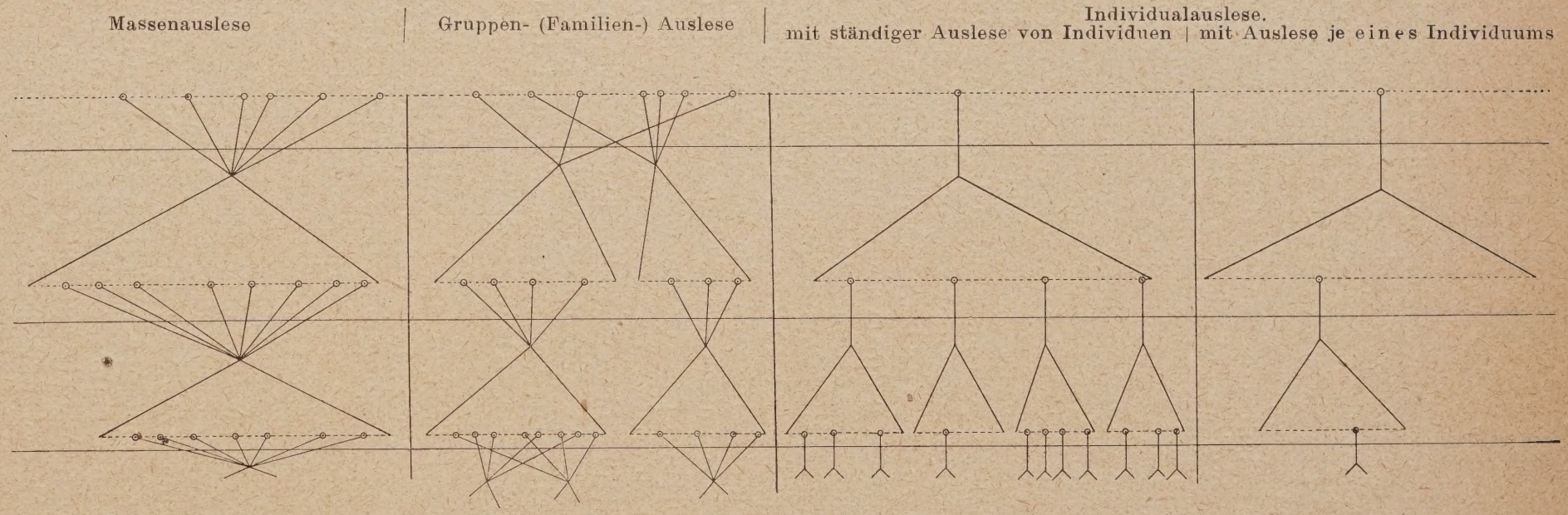
Bei Neuzüchtung soll ein neuer, durch äußere Eigenschaften unterscheidbarer Formenkreis geschaffen werden. Das kann bei Selbstbefruchtern geschehen, indem man vorhandene Individuen benutzt, welche die äußere Eigenschaft bereits zeigen, sie vervielfältigt, gegen geschlechtliche Vermischung schützt und so einen Formenkreis mit der abweichenden Eigenschaft entstehen läßt. Dabei sind die äußeren Eigenschaften nur selten Selbstzweck; nur solche Formenkreise, welche bei der vergleichenden Prüfung sich bewähren, werden behalten. Die aufgefundenen abweichenden Individuen sind bei Züchtung durch Auslese spontaner Variationen morphologischer Eigenschaften durch spontane qualitative Variabilität eben erst geschaffen worden. Bei Züchtung durch Formenkreistrennung in Populationen kann diese auch gewirkt haben; es ist aber auch möglich, daß Variabilität nach einer spontan unbeachtet erfolgten Bastardierung zugrunde liegt oder selbst nur Beimischung fremder Formen durch mechanische Verunreinigung des Saatgutes.

Während bei den beiden bereits erwähnten Arten der Neuzüchtung die Form mit der abweichenden äußeren Eigenschaft bereits vorhanden ist, wird sie bei Züchtung auf dem Wege der Bastardierung erst geschaffen und dann zu einem Formenkreis entwickelt. Benutzt wird dabei die Variabilität nach Bastardierung.

Züchtung durch Auslese spontaner Variationen morphologischer Eigenschaften und Züchtung durch Formenkreistrennung wird zur Züchtung auf dem Wege der Bastardierung, wenn die betreffende Pflanze einer Befruchtung durch eine anders veranlagte ausgesetzt war, somit fast ausnahmslos bei Fremdbefruchtern.

Am häufigsten findet man in Europa Ausführung der Veredlungszüchtung, und zwar — bei älteren Sorten, insbesondere Landsorten — meist mit Formenkreistrennung als Vorläufer. Züchtung durch Auslese spontaner Variationen morphologischer Eigenschaften wurde bisher mehr bei Pflanzen des Gartens ausgeführt; wo solche Variationen aber zufällig aufgefunden worden sind, hat man sie auch bei anderen Pflanzen herangezogen.

Abb. 15. Schematische Darstellung der Ausleseverfahren für die Elite[1]) bei einjährigen Pflanzen.



Zur Darstellung ist der Verlauf bei nur zwei Gruppen (Familien) gebracht. Angenommen wurde, daß im 3. Jahre in einer der Gruppen (Familien) ausgelesene Individuen solche Verschiedenheiten zeigten, daß zur Bildung zweier neuer Gruppen (Familien) geschritten werden konnte.

Bei nur mehrmaliger Auslese von Individuen schließt die Darstellung nach einigen Jahren.

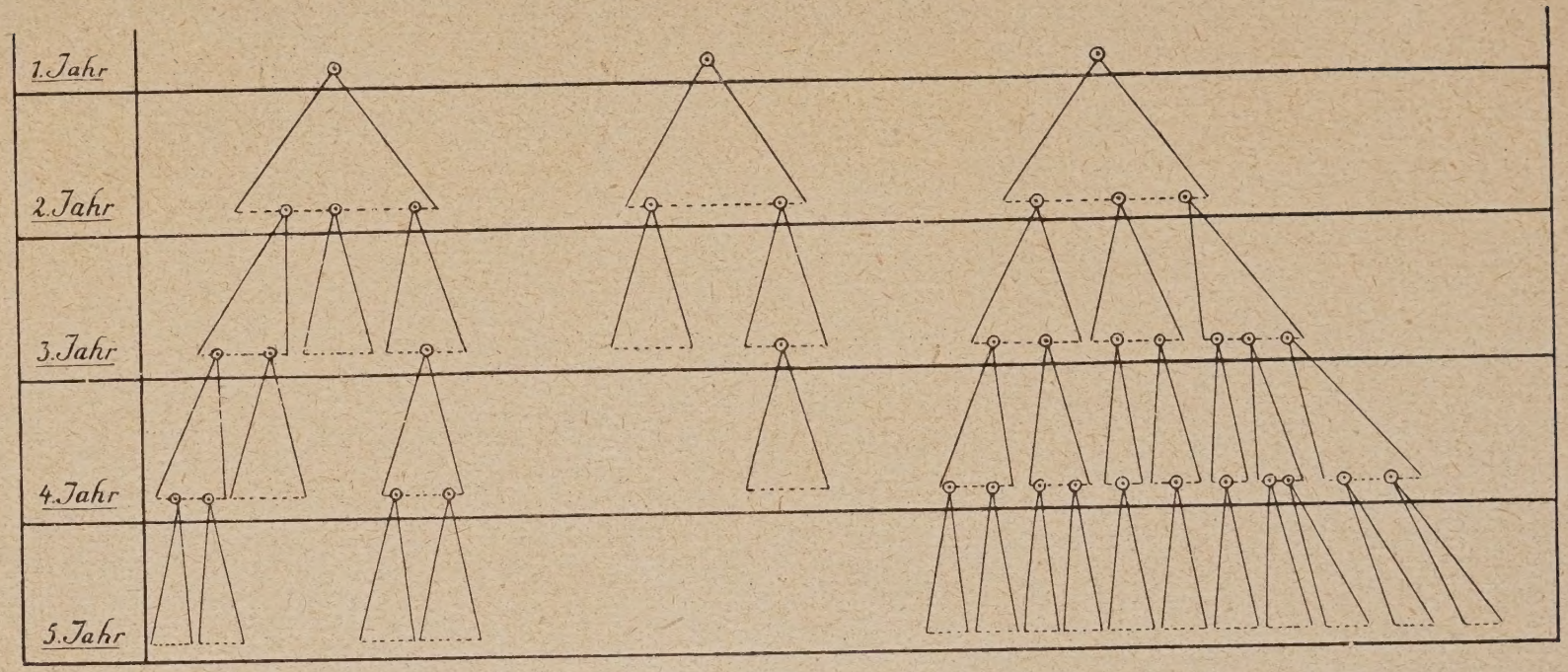
Die Nebeneinanderführung mehrerer Individualauslesen würde durch mehrere Schemas dargestellt sein, die den obigen gleichen und nebeneinander stehen (Abb. 16).

.... = einzelne Pflanzen, die nicht ausgelesen werden und von der ersten vollkommenen Auslese ab Samen zur Vervielfältigung (Auslesesaatgut, auch Edelkorn genannt) liefern.

ooo = Auslese Elitepflanzen, die im je folgenden Jahre Nachkommenschaften, auch zusammen Eliten genannt, geben, aus welchen neuerlich ausgewählt wird. Die unvollkommene Auslese auf dem Felde ist nicht berücksichtigt; die hier als erste verzeichnete Auslese ist bereits eine vollkommene Auslese.

[1]) Elite = Nachkommenschaften der im Vorjahr ausgelesenen Pflanzen, auch Nachkommenschaften (ohne Beisatz) genannt.

Abb. 16. Deutsches Ausleseverfahren. Auslese in den Eliten (einjähriger Pflanzen) dargestellt. Nebeneinanderführung von Individualauslesen.



⊙ = ausgewählte Pflanzen, Elitepflanzen.
..... Pflanzen, die von Elitepflanzen der zuletzt vorgenommenen Auslese abstammen: Eliten, Nachkommenschaften, aber in dem betreffenden Jahr nicht als Elitepflanzen gewählt wurden.
Die schrägen Linien, die von einer Elitepflanze ⊙ ausgehen, begrenzen die Nachkommenschaft derselben.

Bastardierungszüchtung hat bisher, sowohl in Europa als in Nordamerika, mehr bei öffentlichen Anstalten Eingang gefunden.

Gegenstand der Auslese waren zu Beginn der züchterischen Tätigkeit Samen, Früchte, Knollen, Zwiebeln. Gegenwärtig arbeitet fortgeschrittene Züchtung nur mit der ganzen Pflanze, da nur diese alle Eigenschaften erkennen läßt, welche beachtet werden sollen. Nach dem, was wir in der 5. und in der 11. Vorlesung erörtert haben, genügt es aber auch nicht, die einzelne ganze Pflanze zu beurteilen, sondern es gibt erst die Nachkommenschaft Aufschluß über den Wert der Pflanze. Die Auslese von Nachkommenschaften oder weiterer von Einzelpflanzen ausgehenden Generationenfolgen ist daher das am sichersten zum Ziel führende Verfahren.

Sieht man von Auslese von Teilen einer Pflanze ab, so können wir die Ausleseverfahren in Massen- und Individualauslese trennen (Abb. 15).

Bei der im modernen Züchtungsbetrieb nicht mehr verwendeten gewöhnlichen Massenauslese werden nur Pflanzen ausgelesen und die Nachzucht dieser wird gemeinsam gebaut, so daß bei Fortsetzung der Auslese diese wieder aus der Masse erfolgt.

Bei einer Abart der Massenauslese, die man heute als Gruppenauslese bezeichnet, werden Individuen zu einer Gruppe zusammengenommen, die im Ausmaß der Auslese-eigenschaften einander ähnlich sind, und es wird die Auslese in jeder der Gruppen fortgesetzt.

Bei Individualauslese ist immer ein Individuum Ausgang einer Individualauslese. Selten wird nur eine solche als einfache Individualauslese geführt; das weit allgemeiner angewandte Verfahren ist die Nebeneinanderführung von Individualauslesen (Abb. 16).

Erst die Individualauslese bietet Gelegenheit zum Vergleich von Nachkommenschaften, und heute führt man sie wohl nur mehr mit solcher durch. Individualauslesen können mit einmaliger Auslese von Individuen und deren Nachkommenschaften schließen oder mit mehrmaliger bis ständiger Auslese von Nachkommenschaften und Individuen durchgeführt werden.

Ausleseeigenschaften, Auslesemomente sind bei Veredlungszüchtung quantitativ variable Leistungseigenschaften, bei Neuzüchtung als solcher allein, das unterscheidende äußere morphologische Merkmal oder eine Mehrheit solcher. Welche Eigen-

schaft im einzelnen Fall in Frage kommt, sowie bei Veredlungszüchtung, ob es sich um Steigerung, Minderung oder Erhaltung handelt, das entscheiden die Anforderungen, welche die Praxis an die betreffende Pflanze, je nach der Nutzung derselben, stellt. Erfahrungen, die im Laufe der Zeit vom Züchter gemacht werden, veranlassen auch oft, zuerst gewählte Ausleseeigenschaften auszuschalten, andere hereinzunehmen oder bei Steigerung bzw. Minderung Änderungen eintreten zu lassen.

Bei jeder Auslese wird in die Auslese- oder Elitepflanzen und in den Rest getrennt. Mit den Auslesepflanzen wird die Züchtung weitergeführt; aus den Nachkommenschaften derselben wird weiter ausgelesen. Bei Veredlungszüchtung setzt sich der Rest aus vollkommen ausgeschiedenen Pflanzen oder ganzen ausgeschiedenen Nachkommenschaften sowie aus zweitbesten Pflanzen von Nachkommenschaften, aus welchen Auslesepflanzen genommen wurden, oder aus zweitbesten ganzen Nachkommenschaften zusammen oder nur aus letzteren. Die Samen der zweitbesten Pflanzen oder zweitbesten Nachkommenschaften werden als Auslesesaatgut bezeichnet. Bei Neuzüchtung als solcher wird der Rest erst nach Erzielung der vollen Vererbung des gewünschten äußeren Merkmales verwendet und liefert dann erst Auslesesaatgut.

Während die Samen der Auslesepflanzen zur Weiterführung der Züchtung im Zuchtgarten oder auf dem Zuchtfeld in gleichmäßigem Abstand voneinander gebaut werden, führt man das Auslesesaatgut der Vervielfältigung zu und gewinnt so 1., 2., 3. usw. Absaat von Auslesesaatgut einer Auslese. Die Zahl der Absaaten bis zur Gewinnung von Originalsaatgut der betreffenden Züchtung ist je nach der Stärke der Vervielfältigung, nach Pflanzenarten, verschieden, auch nach Größe des Zuchtgartens oder, was damit zusammenhängt, nach Zahl der jährlich behaltenen Auslesepflanzen.

Sechzehnte Vorlesung.

Die Durchführung der Veredlungszüchtung bei Vermehrung und Selbstbefruchtung.

Es wird zweckmäßig sein, wenn wir die Besprechung der Durchführung der einzelnen Arten der Züchtung mit der Züchtung bei Selbstbefruchtung und Vermehrung beginnen, da diese weit

weniger Schwierigkeiten bietet als die Züchtung bei Fremdbefruchtung. Daß dem so ist, das geht schon aus den Ausführungen über Auslese hervor. Die Durchführung wollen wir bei allen Züchtungsarten nur für den Fall der Nebeneinanderführung von Individualauslesen besprechen. Die einfacheren Auslesefälle ergeben sich dann ja von selbst.

Verschieden veranlagte Individuen wird man in ungezüchteten Populationen auch bei Früchten finden können, welche bei gewöhnlicher Kultur der Vermehrung unterworfen werden, wenn auch seltener als bei geschlechtlich fortgepflanzten Gewächsen. Zunächst können spontane Variationen auch bei Vermehrung vorkommen. So sind derartige Variationen auch bei Empfänglichkeit gegen Krankheiten mehrfach festgestellt worden. Man kann bespielsweise, wenn man einige Hunderte von Kartoffel-Nachkommenschaften erzieht, neben den — weit überwiegenden — einheitlich gesunden und einheitlich kranken, auch eine oder die andere Nachkommenschaft finden, in welcher einige Pflanzen gesund sind und einige andere eine der Krankheiten zeigen, welche durch die Knollen übertragen werden. Sehr häufig werden abweichend veranlagte Individuen aber darauf zurückzuführen sein, daß im Laufe der Zeit eine mechanische Vermischung mit Angehörigen einer anderen Sorte stattgefunden hat. Bei Züchtungssorten können diese Ursachen auch gewirkt haben; Ursache kann da aber auch sein, daß die Sorte von zwei äußerlich gleichen, aber innerlich verschieden veranlagten Individuen ihren Ausgang genommen hat.

Wie soll nun die Auslese bei derartiger Züchtung durchgeführt werden? Bei der Seltenheit spontaner Variationen und dem Fehlen der Möglichkeit geschlechtlicher Mischung von Anlagen wird man sich von einer Fortsetzung der Auslese wenig versprechen können und sich auf die genaue vergleichende Prüfung der einzelnen Individualauslesen beschränken oder doch erst nach Verlauf einiger Jahre neuerlich nebeneinanderlaufende Individualauslesen beginnen. Die Vervielfältigung kann dabei gleich mit feldmäßiger Prüfung der einzelnen Individualauslesen einhergehen, deren jede einer vegetativen Linie entspricht. Die Beurteilung der Ausgangspflanzen ist bei Arten, welche nur durch Vermehrung vervielfältigt werden, schon im Bestande gut möglich, da diese Pflanzen schon bei gewöhnlicher Kultur bei größerer Entfernung der Pflanzen voneinander und gleichen Abständen gebaut werden. Über Ausleseeigenschaften und

Aufzeichnungen bei der Auslese werden wir heute noch (bei Besprechung der Auslese bei Selbstbefruchtern) reden. Auslesesaatgut ist bei Vermehrung die gesamte Ernte behaltener Individualauslesen. Das Schema (Abb. 17) stellt den ganzen Ver-

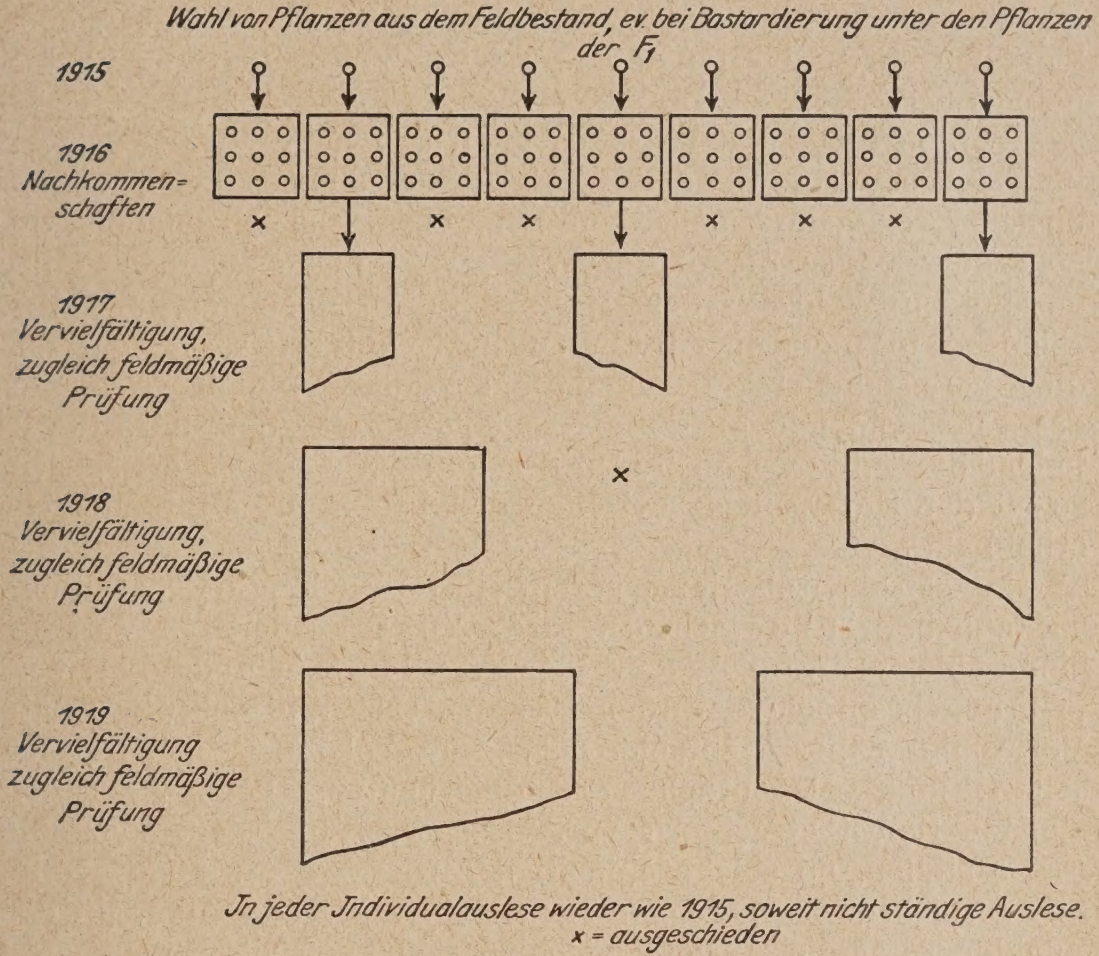


Abb. 17. Nebeneinanderführung von Individualauslesen ohne Fortsetzung der Auslese bei Vermehrung. Darstellung mit Vervielfältigung.

lauf dar. Nach demselben kann man, beispielsweise bei Kartoffel, Batate, Hopfen, Knoblauch, Zwiebel, Zuckerrohr, Kassawe, vorgehen.

* * *

In ungezüchteten Populationen von Selbstbefruchtern wird man häufiger als bei ständig vermehrten Pflanzen verschieden veranlagte Individuen treffen, wenn auch viel seltener als bei solchen, welche ständig der Fremdbefruchtung unterworfen sind. Bei Züchtungen aus zielbewußten Zuchtstätten wird die Wahrscheinlichkeit, solche Individuen zu finden, eine sehr geringe

sein, am geringsten bei erstem Nachbau von Originalsaatgut. Bei älterem Nachbau liegt die Möglichkeit ja immerhin vor, daß spontane Linienvariabilität oder eine der seltenen Fremdbefruchtungen eintrat und abweichend Veranlagtes schuf. Will man die Verschiedenheit der Veranlagung noch steigern, so kann man, wie dieses v. Tschermak vorgeschlagen hat, auch künstlich Fremdbefruchtung zwischen zwei Individuen vornehmen.

Werden die Ausgangsindividuen bei Selbstbefruchtern im Feldbestand gewählt, so ist ihre Beurteilung eine wesentlich unsicherere, da die Wachsraumverhältnisse sehr verschieden sind. Man geht daher oft in der Weise vor, daß man, nach einer vorläufigen Wahl aus dem Bestand, die Samen der gewählten Pflanzen in gleichen Abständen im Zuchtgarten sät und aus diesem Bestand erst die eigentliche Wahl vornimmt. Nachdem das Entscheidende aber die Nachkommenschaften sind, die in jedem der Fälle bei gleichem Abstand der Pflanzen erwachsen, so ist der Unterschied zwischen den beiderlei Verfahren nicht erheblich.

Hat man einen absolut sicheren Selbstbefruchter in Bearbeitung, so kann bei Durchführung der Auslese derselbe Vorgang eingeschlagen werden, der bei Veredlungszüchtung bei Vermehrung besprochen worden ist (Abb. 17). Wie uns die zweite Vorlesung näher gebracht hat, sind solche Pflanzenformen selten, und gelegentliche Fremdbefruchtung kommt bei den meisten Selbstbefruchtern vor. Das wird uns daher vor die Frage stellen, ob solche einmalige Auslese, wie wir sie bereits für Vermehrung besprochen haben, genügt. Die Mehrzahl der Züchter setzt die Auslese auch bei Selbstbefruchtern fort, obwohl dieses natürlich die Züchtung erheblich verteuert, und Kießling, Kraus, Regel, Roemer, v. Rümker, v. Tschermak traten, gleich anderen, für eine solche Fortsetzung ein. Nach dem, was wir über das Verhalten reiner Linien gehört haben, erscheint eine solche Fortsetzung nicht ohne weiteres notwendig. Für die Fortsetzung spricht aber die erwähnte, immerhin vorhandene Möglichkeit der spontanen Fremdbefruchtung zwischen den einzelnen Individualauslesen und die auch vorhandene, wenn auch selten eintretende Möglichkeit spontaner quantitativer Variabilität in Linien, insbesondere aber die Schwierigkeit, die Unterschiede zwischen Linien, also Unterschiede in der verhältnismäßigen Vererbung der Mittel von quantitativ variablen Eigenschaften, festzustellen. Mehrmalige

Auslese läßt diese eher erfassen als nur einmalige, insbesondere wenn die vergleichende Prüfung etwa nur auf die Nachkommenschaften eingeschränkt bleibt und nicht auch Absaaten vergleicht. Nun kann zwischen einmaliger und fortgesetzter Auslese der

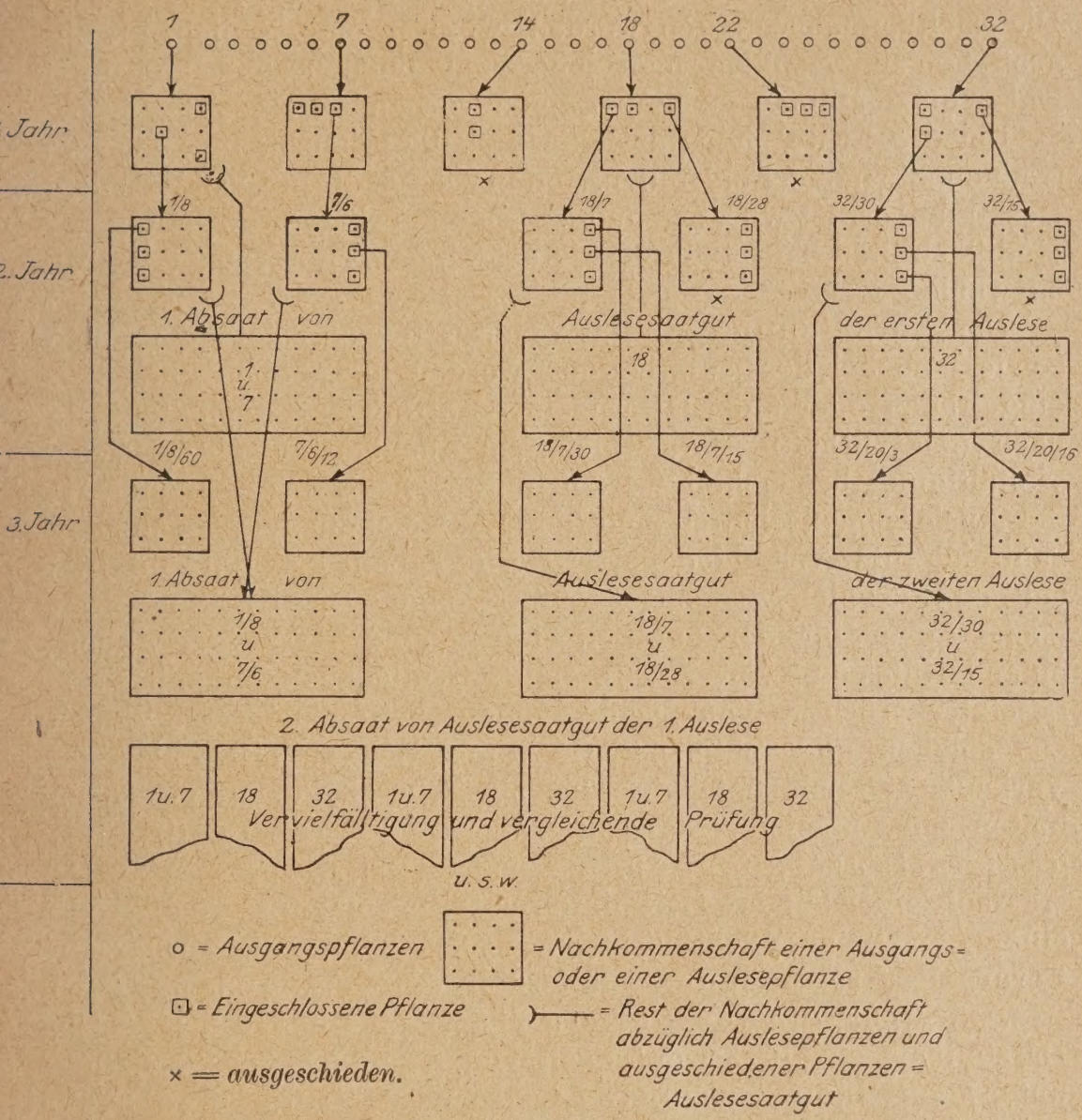


Abb. 18. Nebeneinanderführung von Individualauslesen mit Fortsetzung der Auslese und Einschluß je einiger Auslesepflanzen bei Selbstbefruchtern oder solchen Fremdbefruchtern, die bei Einzeleinschluß Samen geben. Darstellung mit Vervielfältigung. 1 u. 7 sind zwei vereinigte Individualauslesen.

Mittelweg eingeschlagen werden, indem man zunächst einmalige Auslese vornimmt und nach einigen Jahren in den dabei bewährten Individualauslesen neuerlich einmalige Auslese. Der am weitesten gehende Vorgang ist der durch das Schema Abb. 18 vor-

geführte. Bei diesem wird alljährlich oder doch eine Reihe von Jahren hindurch alljährlich eine Anzahl von Auslesepflanzen innerhalb jeder Individualauslese ausgelesen und der Rest der Nachkommenschaften, aus welchen gewählt wurde, oder dieser und eine Reihe zweitbester Nachkommenschaften gibt Auslesesaatgut. Die Nachkommenschaften werden, wenn irgend möglich, gleichgroß gemacht, indem man jene Nachkommenschaft zugrunde legt, von der am wenigsten Samen vorhanden sind.

Bei der Ernte ist es zweckmäßig, die Pflanzen in solche zu trennen, die neben Fehlstellen, und in solche, die in geschlossenem Bestand geerntet wurden, und — wegen geringerer Wirkung der Modifikabilität bei letzteren — Auslesepflanzen nur aus letzteren zu wählen.

Die Aufzeichnungen im Zuchtgarten und auf dem Felde sowie jene bei der Aufarbeitung werden in Tabellen in Bücher eingetragen oder auf Blättern einer Kartothek festgehalten. Je nach den Verhältnissen, welche im Zuchtgarten und bei Vervielfältigung beobachtet werden und je nach der Zahl und Art der Ausleseeigenschaften sind diese Aufzeichnungen verschieden zahlreich und verschiedenartig. Die Tabelle (S. 100 und 101) soll ein Beispiel für solche Aufzeichnungen geben, und zwar auch wieder für den am weitesten gehenden Fall der Nebeneinanderführung von mehreren Individualauslesen mit fortgesetzter Auslese von Nachkommenschaften und Individuen aus solchen und feldmäßiger Prüfung der Absaaten bis zum Verkauf. Um den Umfang der Tabelle in bescheideneren Grenzen halten zu können, ist dieselbe aber nur für eine(!) Ausgangspflanze gegeben.

Nach einer längere Zeit hindurch fortgesetzten Durchführung einer derartigen Züchtung kann das Ergebnis der Auslese in Form eines Stammbaumes dargestellt werden, wie einen solchen — wieder nur für eine Ausgangspflanze — Abb. 19 zeigt. Die Darstellung wird besser erst nach längerer Zeit gegeben, da mitunter ganze Individualauslesen im Laufe der Auslese ausfallen.

Im allgemeinen gilt bei den Ausleseeigenschaften möglichste Beschränkung auf die wichtigsten. Bei einzelnen derselben wird eine Beurteilung schon nach dem Augenschein möglich sein. Bei jenen, bei welchen die einzelnen Pflanzen untersucht werden müssen, um aus den Einzeluntersuchungen ein Mittel gewinnen zu können, wird man die Möglichkeit haben, an Stelle der Untersuchung aller Pflanzen der Nachkommenschaften für jede Nachkommenschaft nur eine gleiche Zahl

herauszugreifen und das bei diesen erhaltene Ergebnis als für die Nachkommenschaft typisch zu betrachten.

Viel Beachtung hat man früher, gerade bei Veredlungszüchtung, den Korrelationen gewidmet. Man versteht darunter, daß einzelne qualitative, äußere Eigenschaften immer beisammen bleiben, oder daß das höhere Ausmaß einer quantitativen Eigenschaft immer mit einem höheren Ausmaß einer anderen solchen verbunden ist: positive Korrelationen, oder daß bestimmte qualitative Eigenschaften nie beisammen sind oder höherem Ausmaß einer quantitativen Eigenschaft niederes einer anderen solchen entspricht: negative Korrelation. Sehr viele Korrelationen sind

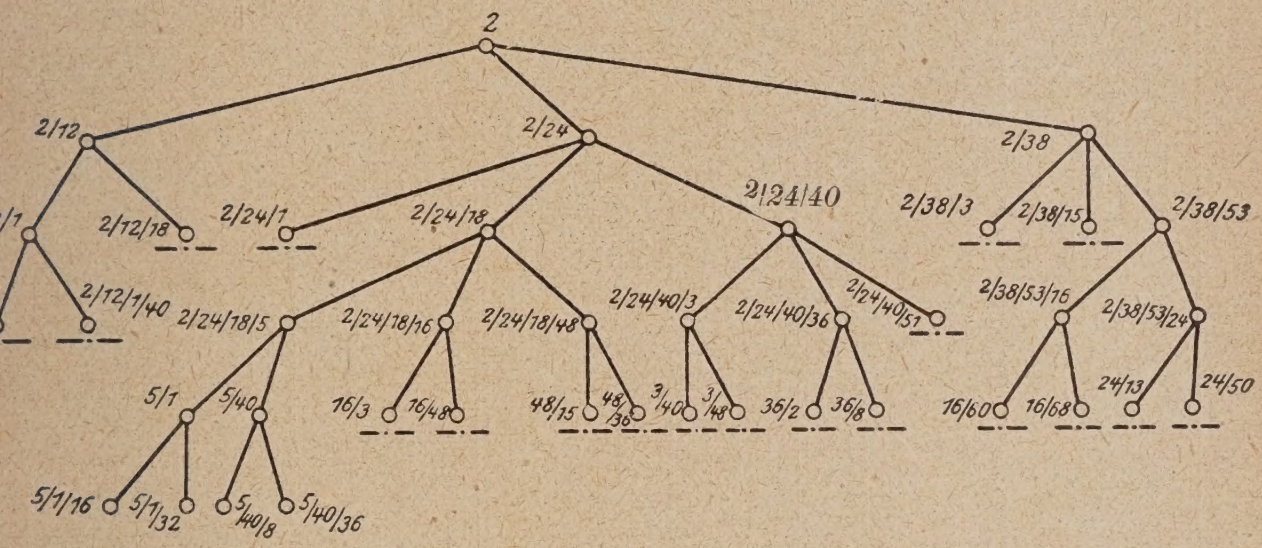


Abb. 19.
Stammbaumdarstellung des Verlaufes der Auslese bei einer Veredlungszüchtung. Darstellung nur für eine Ausgangspflanze gegeben.

solche, die mit Vererbung nichts zu tun haben, für die Auslese daher nicht in Betracht kommen, einfach physiologische Beziehungen; so, daß längerer Halm mit längeren Halmgliedern nnd längerer, lockerer Ähre verbunden ist. Andere Beziehungen sind zufällige statistische, so wenn bei den bekannten Erbsensorten rote Blütenfarbe mit roten Blattachseln verbunden ist; mit dem Auffinden einer Erbsensorte mit roten Blüten und grünen Blattachseln ist die Korrelation für Erbse überhaupt gefallen, bleibt aber für die Sorten, bei welchen sie beobachtet wurde, als in diesem Falle in den Anlagen begründet, bestehen. Als echte, in den Anlagen begründete Korrelationen können nur jene den Anlagen-Koppelungen entsprechenden betrachtet werden (Vorlesung 3) und jene, bei welchen eine Anlage verschiedene Eigenschaften bedingt (Vorlesung 9): Eigenschaftenkoppelung.

a)

1920	Ausgangspflanze I	Pflanzenlänge	Pflanzengewicht	Gesamtkorngewicht	Zähligkeit der Hülsen	Kornzahl	100 Körner wiegen	Gesamtkorngewicht vom Pflanzengewicht %

b)

1921	Nachkommenschaft I	Beobachtung. Verhalten derselben im Zuchtgarten, Zuchtfeld:							
		Sätag	Aufgang	Jugendentwicklung	Blühen	Reifen	Krankheiten	Verhalten gegen besondere Jahreswitterung	Besondere Bemerkungen

c) Untersuchung der Nachkommenschaft:

1921	Nachkommenschaft I	Pflanze	Pflanzenlänge	Strohgewicht	Korngewicht	Kornzahl	Durchschnittliche Zähligkeit der Hülsen	100 Körner wiegen	Korn % Anteil
		1 2 3 4 5 usw.							

Mittel für die einzelnen Feststellungen und die ganze Nachkommenschaft oder Mittel aus einer bei allen Nachkommenschaften gleichen Zahl Pflanzen und dann Feststellung der Verhältnisse bei den gesperrt gedruckten Eigenschaften für den zusammen gedroschenen Rest.

Aus Zahl pro Nachkommenschaft gesäter Samen und geernteter Pflanzen läßt sich der Verlust an Pflanzen berechnen und weiter der reduzierte Ertrag. Dabei kann angenommen werden, daß die Pflanzen um eine Fehlstelle höheren Ertrag geben, so daß der Ertrag der pro Fehlstelle angenommenen Pflanze nur mit $^2/_3$ des ermittelten Durchschnittsertrages einer Pflanze eingesetzt wird; z. B.:

100 Pflanzen gesät, 80 da, eine Pflanze durchschnittlich x g Körner. Dann für Fehlstellen $20 \times {}^2/_3$ x g eingesetzt.

1922 Nachkommenschaft I_4. Für Pflanze I_4 wie Tabelle a.

Pflanze 1 Wie Vorjahr (Tabelle b und c).
2
3
usw.

Wie Vorjahr berechnet.

d)

1922		Vergleichender Anbauversuch mit der Absaat von Auslesesaatgut der anderen Individualauslesen allein oder dieser und der Ausgangspopulation [1])				
		pro Fläche		100 Korn wiegen	Korn % Anteil	Siebungsergebnis
		Korn	Stroh			
	1. Absaat von Auslesesaatgut von I					

1923 Nachkommenschaft $I_{4,6}$ wie oben für I 1921 (b und c).

1. Absaat von Auslesesaatgut von I_4 wie oben für Absaat von I 1922 (Tabelle d).

2. Absaat von Auslesesaatgut von I wie oben für Absaat von I 1922 (Tabelle d)

usw. Absaaten — mit oder ohne Prüfung — so lange, bis die Ernte genügende Mengen für den Verkauf gibt.

[1]) Ist die Menge des Auslesesaatgutes in der 1. Absaat eine sehr geringe, so kann lediglich vervielfältigt und erst die 2. Absaat einer vergleichenden Prüfung unterworfen werden.

So wie die Ausgestaltung der Tabellen verschieden sein kann, so auch die Größe des Zuchtgartens. Diese hängt von der Eigentümlichkeit der Pflanzenart und der beabsichtigten Stärke der Erzeugung von Originalsaatgut und der Schärfe der Auslese dabei ab. Bei Erbse ist beispielsweise gegenüber Getreide, wenn man annähernd dieselbe Menge von Originalsaatgut bei gleich scharfer Auslese erhalten will, immer eine größere Fläche notwendig als bei Getreide, da die einzelne Pflanze im Zuchtgarten mehr Raum braucht und weniger Samen gibt. Je schärfer die Auslese, desto größer muß der Zuchtgarten sein.

Jede Veredlungszüchtung strebt, wie wir gesehen haben, Einheitlichkeit der Veranlagung an; der Bestand, die Population wird ja einer Analyse unterworfen, welche die besten Individualauslesen — in unserem Fall vegetative oder gewöhnliche Linien, bei Fremdbefruchtern auch solche, oder doch bestimmte geschlechtliche Liniengemische — aussondert. Nun liegen pflanzenbauliche Erfahrungen vor, nach welchen Gemische von Formenkreisen höheren Ertrag als einheitliche Formenkreise geben, da bei ersteren die betreffende Jahreswitterung nicht alle Pflanzen ungünstig beeinflussen wird, während, wenn nur ein Formenkreis vorhanden ist und dieser gerade ungünstig beeinflußt wird, der Ertrag stark gedrückt wird. Es war Remy, der zuerst auf derartige Verhältnisse aufmerksam gemacht hat, und Koch ist auf Java kürzlich zu ähnlichen Schlüssen gelangt. Züchtung bei Nebeneinanderführung von Individualauslesen schließt nun keineswegs die Bildung solcher Populationen aus. Man braucht nur nach der Prüfung die Vervielfältigungen einiger der besten Individualauslesen zusammen zu geben. Wir haben dann durch Synthese wieder eine Population erhalten, aber eine solche aus nur guten Linien.

Siebzehnte Vorlesung.

Züchtung durch Formenkreistrennung und durch Auslese spontaner Variationen morphologischer Eigenschaften, je bei Vermehrung und Selbstbefruchtung.

Ungezüchtete Landsorten, auch Handelssaaten von züchterisch wenig beachteten Pflanzen, sind Populationen, die bei Selbstbefruchtung meist aus vielen Formenkreisen zusammengesetzt

sind, seltener bei Pflanzen, die bei gewöhnlicher Kultur nur vermehrt werden.

Züchtung durch Formenkreistrennung ist Analyse einer derartigen Population, und diese Art der Züchtung wird bei Beginn der Züchtung in einem Land besonders häufig in Angriff genommen.

Auch bei Züchtung durch Auslese spontaner Variationen morphologischer Eigenschaften handelt es sich bei den abweichenden Individuen um morphologische Unterschiede, Unterschiede bei Formeigenschaften. Wenn wir uns an die Ausführungen der 7. Vorlesung erinnern, so werden wir es verstehen, daß es im Landwirtschaftsbetrieb nur in den seltensten Fällen möglich sein wird, eine auffallend abweichende Pflanze, die man in einem Bestand findet, sicher als eine spontane Variation anzusprechen. Es wird dies beispielsweise möglich sein, wenn auf der Wirtschaft seit vielen Jahren nur eine Kartoffelsorte gebaut wurde und man nun eine oder einige wenige Pflanzen mit abweichenden Blüten und Knollen oder vielleicht auch sonst abweichenden äußeren Eigenschaften findet. Da kann man wohl mit Sicherheit schließen, daß eine Knospenvariation vorkam. Daß wenigstens bei einzelnen Arten spontane Variationen, die in diesem Fall ja als Knospenvariationen auftreten, bei ständig vermehrten Pflanzen eine wichtige Rolle gespielt haben, zeigen Chrysanthemen und Dahlien. Bei Chrysanthemen hat Cramer, bei Dahlien Shamel, bei Zuckerrohr Pomeroy, je bei einer Reihe von wertvollen Formen, den Nachweis des Ursprunges derselben aus Knospenvariationen führen können. Allerdings findet bei den zwei ersterwähnten Pflanzen, so wie bei Blumen überhaupt, das Äußere als solches in erster Linie Beachtung und jede Abstufung in Blütenfarbe, jede Veränderung der Form der Blätter ist als Neuheit an und für sich schon wertvoll.

In sehr vielen Fällen wird bei Selbstbefruchtern eine Pflanze, die im Bestand durch ihr abweichendes Äußere auffiel, Folge einer Bastardierung sein, vielleicht selbst auf zufällige mechanische Beimengung zurückzuführen sein. An ein Hervorlocken spontaner Variationen, dessen wir in der 7. Vorlesung gedacht haben, wird der Praktiker zunächst wohl nicht herantreten.

Bei Formenkreistrennung greift man von jeder morphologisch unterscheidbaren Form eine Anzahl von Individuen heraus, vergleicht ihre Nachkommenschaften und prüft dann die weiteren Nachkommenreihen in feldmäßigem Anbauversuch. Dieser

entscheidet bei landwirtschaftlichen Pflanzen, bei welchen das Äußere nur in wenigen Fällen eine entscheidende Rolle spielt. Daß man von jeder Form mehrere Individuen nimmt, findet seine Begründung darin, daß jede Form durch mehrere biologische Linien vertreten sein kann, deren Leistung eine verschiedene ist. Dadurch wird die Züchtung durch Formenkreistrennung, die als solche nur äußerlich verschiedene Formenkreise nach dem äußeren Merkmal zu trennen und auf ihre Leistung zu prüfen hat, mit Veredlungszüchtung verbunden.

Will man, ausgehend von aufgefundenen Individuen, die man für spontane Variationen morphologischer Eigenschaften hält, zu züchten beginnen, so ist der Vorgang grundlegend ganz derselbe wie bei der Züchtung durch Formenkreistrennung. Unterscheidend ist nur, daß man bei spontanen Varianten meist nur ein Ausgangsindividuum besitzt. Da nun aber bei Feststellung der Leistung ein Vergleich notwendig ist, der dort unter den von den einzelnen Formen stammenden Individualauslesen stattfinden kann, wird man zu demselben Individuen des Ausgangsformenkreises heranziehen, in welchem die wirkliche oder vermeintliche spontane Variation gefunden worden ist.

Nachdem die qualitativ variierte äußere Eigenschaft leicht an jedem Individuum zu erkennen ist, könnte, wenn es sich nur um die Neuzüchtung als solche handelt, bei Vermehrung und Selbstbefruchtung einmalige Auslese von Individuen und Nachkommenschaften mit folgender Prüfung, nach dem in der letzten Vorlesung gebrachten Schema (Abb. 17), vollkommen genügen; höchstens könnte man kontrollierende Auslese fortsetzen. Meist begnügt man sich bei Vermehrung, auch dann, wenn die Züchtung mit Veredlungszüchtung verbunden wird, mit dieser Art der Auslese; bei Selbstbefruchtung kann man dann aber auch so, wie das Schema Abb. 18 zeigt, vorgehen. Die kontrollierende Auslese besteht darin, daß man im Zuchtgarten von der Nachkommenschaft einer jeden Ausgangspflanze einige Pflanzen zurückbehält und jährlich in jeder Individualauslese die Auslese mit einer nach Schätzung besten typischen Pflanze weiterführt. Auslesesaatgut ist, soweit die Neuzüchtung allein in Frage kommt, nach erreichter Konstanz, die gesamte Ernte behaltener Individualauslesen.

Nun kann es bei Selbstbefruchtung gelegentlich, bei Vermehrung sehr selten, sowohl bei Formenkreistrennung als bei Züchtung mit spontanen Varianten vorkommen, daß in der einen oder der anderen Individualauslese die äußere Eigenschaft nicht

voll vererbt wird. Es kann dann eine Zwischenvarietät vorliegen oder aber Folge einer spontanen Bastardierung, oder es ist bei einer spontanen Variante diese als Bastard entstanden. In diesen Fällen muß dann unbedingt Auslese fortgesetzt werden, wenn man die Form erhalten will. Die Auslese zeigt dann, ob eine Bastardierungsfolge oder eine Zwischenvarietät vorliegt, in welch letzterem Fall auch weitere Auslese nicht zu voller Vererbung führt. In ersterem Fall ist die Auslese so wie nach Züchtung durch Bastardierung durchzuführen.

Achtzehnte Vorlesung.

Durchführung der Bastardierungszüchtung bei Vermehrung.

Notwendig ist es in allen Fällen, einerlei um welche Kulturpflanze es sich handelt, die Vererbungsweise des Ausgangsmateriales bei geschlechtlicher Fortpflanzung (also durch Samen!) zu kennen. Die Auswahl der Eltern wird jedoch noch sehr selten im Anschluß an solche Vererbungsprüfung vorgenommen. In der Tierzucht ist dieser Vorgang mehr verbreitet; es erfolgt hier Auswahl der Vatertiere nach Vererbung des zugehörigen Zuchtstammes, nach Vererbungsweise von älteren Voll-Geschwistern und Eltern oder auch in späteren Jahren gemäß eigener Vererbung nach den in der ersten Zuchtperiode erzeugten Nachkommen. Die zielbewußte Bastardierung hat bisher in der Pflanzenzüchtung gegenüber der früher vorwiegenden planlosen Bastardierung nur den Gewinn gebracht, daß eine Auswahl der Elternsorten stattfindet zwecks Erzeugung von Neukombinationen, in denen fehlerhafte Eigenschaften der einen Sorte durch die vorteilhafte Ausbildung bei der anderen Sorte beseitigt und wertvolle Eigenschaften beider vereinigt werden sollen. Eine zielbewußte Auswahl der Elternindividuen ist jedoch fast stets unterblieben. Die weitere Entwicklung muß auch diesen Schritt bringen. Ohne Schwierigkeit ist jedenfalls die individuelle Nachzucht der zur Bastardierung benutzten Elternpflanzen auszuführen, so daß wenigstens eine nachträgliche Prüfung der Konstanz der Eltern stattfindet. Wird die gleiche Bastardierung mit verschiedenen Elternpflanzen ausgeführt, so bleibt bei solchem Verfahren die Möglichkeit, die Bastardierungsprodukte eines verschieden veranlagten Elters auszumerzen.

Immerhin ist dann unnötig viel Kleintechnik in Form von künstlichen Bestäubungen vorgenommen worden, und niemand trennt sich gern von Material, das so mühsam gewonnen worden ist wie erste Generationen künstlicher Bastardierungen. Daher ist es unbedingt richtiger, das Ausgangsmaterial vorher auf Konstanz zu prüfen. Jedenfalls muß jeder Züchter sich darüber klar sein, daß eine nutzbringende Anwendung der Vererbungsregeln nur möglich ist, wenn die Eltern des Bastardes homozygot waren.

Aber nicht nur dies ist zu beachten, sondern auch die Tatsache, daß mit der Wahl der Elternpflanzen zugleich bestimmte Biotypen gewählt werden. Jede Sorte setzt sich aus vielen verschiedenen Typen zusammen (siehe Vorlesung 4). Unter diesen die für die Erzielung der angestrebten Variationen geeignetste Linie zu finden, ist ebenfalls wichtig.

Zielbewußte Bastardierung strebt bestimmte Neukombinationen an unter Verwendung einheitlich veranlagter Vater- und ebensolcher Mutterpflanzen aus den geeignetsten Linien zweier Sorten, die Bildung der angestrebten Variationen erhoffen lassen. Solch zielbewußte Bastardierung kann auch zwischen Zuchtzweigen einer Sorte, die äußerlich völlig übereinstimmen, aber in physiologischen Eigenschaften (Blühzeit, Reifezeit, Widerstandsfähigkeit) sich deutlich unterscheiden, ausgeführt werden, um physiologische Neukombinationen ohne irgendeine Änderung der Erscheinungsform zu erzielen.

Bei der Mehrzahl der Kulturpflanzen kann nur ein Teil der Blüten kastriert und künstlich bestäubt werden. Sitz der Blüten, die den kräftigsten Samen liefern, und Blühverlauf müssen für jede Pflanzenart bekannt sein, um die richtigen Blüten zu verwenden, frühzeitig genug zu kastrieren und sowohl frühzeitig als lange genug gegen fremden Blütenstaub zu schützen. Solcher Schutz geschieht bei Insektenbefruchtern durch Gazebeutel, bei Windbefruchtern durch dichte Pergamintüten oder Glasröhren. Schutz ist auch bei ausgesprochenen Selbstbefruchtern (Gerste) erforderlich, da die Blüten infolge Kastration unnatürlich geöffnet sind. Bei selbststerilen Pflanzen, wie Rotklee, ist Kastration nicht erforderlich. Die Kastration wird mittels einer feinen Pinzette oder Stecknadel ausgeführt; Zählen der entfernten Staubbeutel ist erforderlich, um sicher zu sein, daß wirklich alle Staubbeutel entfernt sind. Unbeabsichtigtes Aufreißen der Staubbeutel muß unbedingt vermieden werden. Je jünger die Blüten sind, desto empfindlicher sind einerseits alle Teile

der Blüten gegen Verletzung, und desto schwieriger sind andererseits wegen der Kleinheit des Objektes Verletzungen zu vermeiden. In manchen Fällen kann der Kastration die Bestäubung sofort folgen, auch wenn die Narbe noch nicht feucht ist; hierdurch wird die häufig mühsame Arbeit erleichtert. Meistens liegen zwischen Kastration und Bestäubung zwei bis drei Tage. Die Übertragung des Pollens geschieht am einfachsten mit Stecknadeln oder Schreibfedern. Zu vermeiden ist stets Verwendung der gleichen Nadel bei Übertragung von Pollen zweier Vaterpflanzen. Ist viel Blütenstaub vorhanden, und sind viele Blüten, besonders solche mit zahlreichen Narben (Erdbeere, Mohn), zu bestäuben, so ist ein feiner Pinsel das geeignetste Instrument. In allen Fällen muß für jede Vaterpflanze eine neue Nadel oder ein anderer Pinsel genommen werden, und diese müssen bis zur nächsten Verwendung desinfiziert werden (Alkohol). Bei vielen Pflanzen wird Pollen in solchen Mengen gebildet, daß seine Gewinnung leicht ist (Rüben); bei anderen ist er sehr spärlich (Kartoffel); auch Sortenunterschiede liegen vor. Im letzteren Fall kommt man am ehesten zum Ziel, wenn man nicht bis zum Öffnen der Staubbeutel wartet, sondern diese zuvor mit der Stecknadel oder Stahlfeder aufreißt und den Blütenstaub entnimmt. Verwendung einer Lupe ist häufig nötig. Im übrigen geschieht die Pollengewinnung bei Windbefruchtern am leichtesten in der Weise, daß man Blütenstände in ein Wasserglas stellt und dieses in einem Zimmer auf schwarzes oder grünes Glanzpapier bringt. Bei Aufstellung in einem Raume mit geringer Luftbewegung liegt bald genügend Pollen auf dem Glanzpapier. Wegen der Gefahr der Vermischung des durch jeden Luftzug leicht beweglichen Blütenstaubes dürfen nicht mehrere Vaterpflanzen in einem Raume aufgestellt werden. Bei Insektenbefruchtern wird Pollen mit einer Nadel den Antheren entnommen. Bei sehr niedrig wachsenden Pflanzenarten läßt es sich nicht umgehen, daß die Mutterpflanzen zwecks leichterer Ausführung von Kastration und Befruchtung in Töpfe gepflanzt werden. An ein und demselben Blütenstand sollen nur Bestäubungen mit ein und demselben Vater ausgeführt werden, auch nicht Blüten zu Selbstbefruchtung neben jenen stehen bleiben, da hierdurch zu leicht Verwechslungen entstehen. Etikettierung mit Angabe der Nummer des Vaters in wetterfester Schrift und Schutz gegen Windbruch durch sorgfältiges Anbinden des Isolierschutzes ist unbedingt nötig. Letzterer kann nach dem Abwelken der Narben entfernt werden; jedoch muß

besonders bei Getreide vor der Ernte wieder ein Schutz nicht nur gegen Vogelfraß, sondern auch gegen Kornausfall als Folge der gelockerten Spelzen angebracht werden.

Der Anfänger wird meistens erstaunt sein über den geringen Erfolg seiner mühsamen Arbeit. Der Ansatz ist häufig sehr gering. Meist ist dies die Folge von unvorsichtigem Kastrieren. Aber auch physiologische Ursachen liegen vor, z. B. bei Kartoffeln. Diese könnten mitunter durch besondere Maßnahmen, wie Ringeln, Pfropfen, behoben werden, so daß besserer Ansatz erzielt wird. In anderen Fällen ist ungenügender Ansatz nur auf die Isoliermittel zurückzuführen; in weiteren Fällen ist zu alter Blütenstaub verwendet oder zu spät bestäubt worden. Bei Bastardierung von Arten wird mangelhafter Ansatz auch darauf zurückzuführen sein, daß die Verwandtschaft zu gering ist. Jedoch gelingen viele Artbastardierungen leicht; ja selbst Gattungsbastarde sind erzielt worden.

Aus den geernteten Samen erwächst die erste Generation (F_1). Sind zu einer Bastardierung mehrere Mutterpflanzen ♀♀ und mehrere Vaterpflanzen ♂♂ benutzt worden und sind diese wirklich homozygot veranlagt gewesen, so ist es theoretisch nicht notwendig, diese F_1-Generation nach Abstammung getrennt auszulegen, da alle F_1-Individuen dann gleichmäßig veranlagt sein müssen. Jedoch empfiehlt sich trotzdem in der Praxis, die aus künstlicher Bestäubung erzielten Samen nach mütterlicher Abstammung getrennt auszulegen, wobei sich, falls auch nach Blütenständen getrennt gesät wird, eine Trennung nach väterlicher Abstammung leicht erreichen läßt. Zwei Gründe sind hierfür geltend zu machen. Der praktische Züchter verfügt selten über ein Elternmaterial, dessen Konstanz erwiesen ist. Hat er trotz vorsichtiger Auswahl einen Elter (♀ oder ♂) gefaßt, der heterozygot ist, so bietet die getrennte Aussaat der F_1 Gelegenheit, solches an der Verschiedenartigkeit der F_1-Nachzucht zu erkennen und diese Bastarde sofort auszuscheiden und nur die einheitlichen F_1-Nachzuchten weiterzuführen. Dadurch wird der weitere Aufbau der Zucht auf eine sichere Basis gestellt. Jedoch wird dies nicht in allen Fällen genügen. Ist nämlich der Elter mit dem dominanten Merkmal zwar konstant, aber der Elter mit der rezessiven Ausprägung der nämlichen Eigenschaft heterozygot, so wird dieses Vorgehen doch nicht den bezeichneten Erfolg bringen. Daher muß neben der F_1 noch die Nachzucht der Eltern aus Selbstbefruchtung angebaut werden. Aus der Konstanz dieser ist dann auch für

rezessive Eigenschaften einheitliche Veranlagung der Eltern zu folgern. Getrennter Anbau der F_1 ist auch deshalb nötig, weil nur auf diesem Wege entschieden werden kann, ob Vielförmigkeit der F_1 auf Nichtgelingen der Bastardierung, auf eingetretene Selbstbestäubung oder auf freie ungewollte Fremdbestäubung zurückzuführen ist. Werden alle durch künstliche Bestäubung erzielten Samen einer Bastardierung durcheinander angebaut, läßt sich die Ursache des Abweichens von der zu erwartenden Einheitlichkeit der F_1 nicht aufklären. Daher lassen sich dann auch nicht die richtigen Gegenmaßregeln treffen.

Bei einer Anzahl von Kulturpflanzen kann die F_1, sofern sie einheitlich ist, wirtschaftlichen Vorteil und damit Anbauwert gegenüber vorhandenen Formen und Sorten besitzt, ohne weitere Zuchtarbeit verwertet werden. Es sind dies einerseits mehrjährige Pflanzen, insbesondere Ziersträucher, Stauden und Hölzer und andererseits alle Pflanzen, deren Anbau nicht durch Samen, sondern durch vegetative Vermehrung erfolgt, also Kartoffel, Obst, Weinreben, Sisalagaven, Zwiebel, viele Blumen. Es bleiben alle Eigenschaften der F_1-Individuen konstant erhalten; selbst nach vielen Generationen noch werden die Nachzuchten der ersten Generation nach Bastardierung gleichen, da die Nachkommen ohne Befruchtung entstehen. Infolgedessen äußert sich die Heterozygotie der F_1-Pflanzen durch Aufspaltung in den weiteren Generationen nicht. Sie äußert sich aber, sobald Nachkommen aus Samen gezogen oder auch nur Pollen zu weiteren Bastardierungen benutzt wird.

Aus diesen Gründen wird der gezeichnete Vorgang selten verwirklicht werden, insofern bei solchen Kulturpflanzen nur ausnahmsweise Elternsorten und -pflanzen, die einheitlich veranlagt sind, gefunden werden. Sie werden in den allermeisten Fällen heterozygot sein oder erst homozygot gezüchtet werden müssen. So ist keine Kartoffelsorte und keine Rebensorte bekannt, die auch nur zwei Eigenschaften durch Samen konstant vererbt. Insbesondere alle unsere Kartoffelsorten sind erste Generationen von Bastardierungen und ergeben daher bei weiterer Verwendung als ♀ oder ♂ Pflanzen keine einheitlichen, sondern sehr bunte F_1-Generationen.

Die Durchführung der Bastardierungszüchtung bei Vermehrung wird daher fast stets folgender Art sein: Die ersten Generationen sind nicht einheitlich, sondern jede F_1-Pflanze stellt die Verwirklichung einer anderen erblichen Variation, einer anderen Kombination von Erbanlagen dar. Diese sind

vielfach heterozygot und daher schwer zu konstanter Vererbung durch Samen zu bringen. Darauf kommt es ja aber gar nicht an, sondern nur auf die Konstanz bei Vermehrung. Infolgedessen werden aus dem bunten Gemisch der F_1 diejenigen Pflanzen, die in den äußeren Eigenschaften dem Zuchtziel entsprechen, z. B. etwa weißschalige, gelbfleischige Eßkartoffeln mit seichten Augen und glatter Schale ausgewählt und durch pflanzenweis getrennte Vermehrung zu vegetativen Linien herangezogen. Schon im ersten Jahre ist diese Vermehrung mit vergleichender Prüfung verbunden, die allerdings der geringen

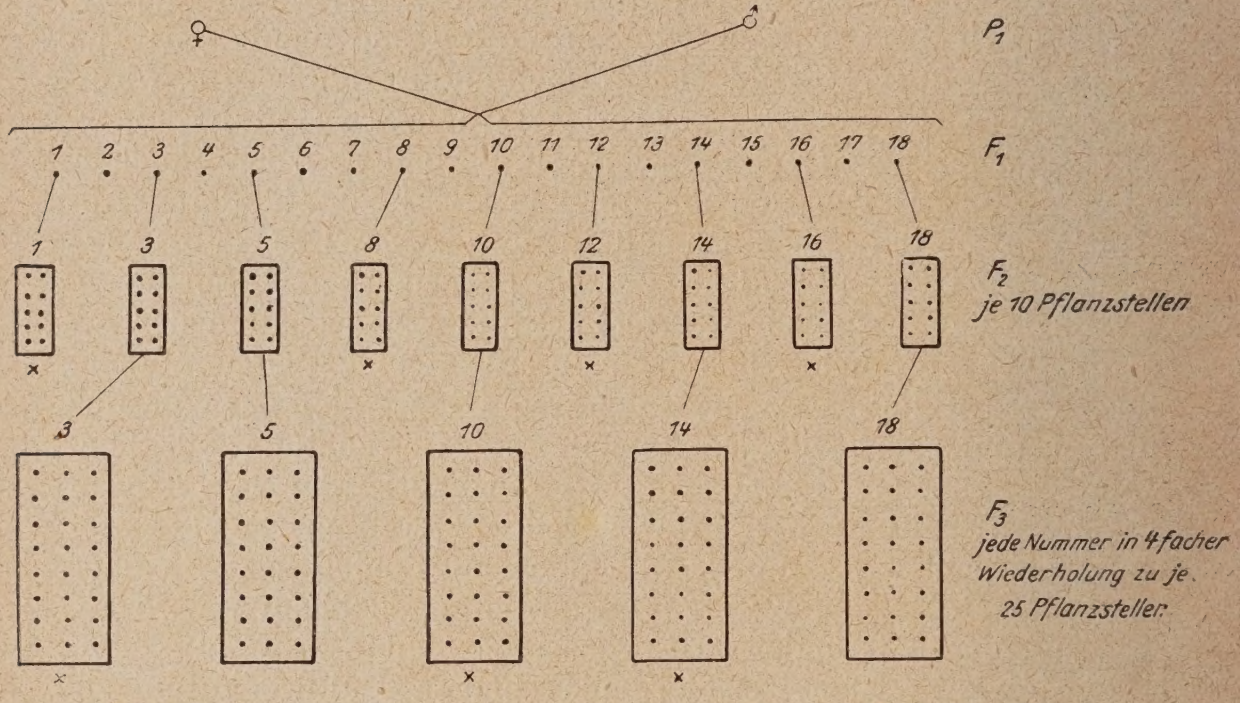


Abb. 20. Schematische Darstellung der Bastardierungszüchtung bei Vermehrung von Kartoffeln und unreinem Ausgangsmaterial (bei reinem Elternmaterial verzögert sich Auslese um eine Generation, beginnt nicht in F_1, sondern in F_2). ×: ausgeschieden.

Saatmenge wegen ohne Wiederholungsteilstücke erfolgen muß. In diesem Jahre (zweites Jahr nach der Bastardierung) bleibt daher die Prüfung, die etwa zehn Stauden einer vegetativen Linie umfaßt, auf deutlich erkennbare Eigenschaften, wie Knollenfarbe, Fleischfarbe, Größe, Form, Frühreife, Gesundheit, Ausgeglichenheit, beschränkt; eine Ertragsfeststellung wird zwar vorgenommen, kann aber wegen der geringen Staudenzahl nicht als Leistungsprüfung verwendet werden. Es findet zunächst nur Auslese zwischen den vegetativen Linien statt (Abb. 20). Auslese innerhalb dieser unterbleibt so lange, bis einige wenige oder nur eine vegetative Linie, Zuchtnummer aus mehrjähriger

Leistungsprüfung und daran anschließender Sortenprüfung mit bekannten und bewährten Sorten (Standardsorten) als wertvolle Neuzüchtung hervorgegangen ist und als neue Sorte zum Verkauf gelangt. Dann setzt Auslese von Einzelpflanzen, als „Staudenauslese“ bei Kartoffeln bezeichnet, ein; sie wird als Massenauslese geführt (siehe Vorlesung 15). Solche Auseinanderzüchtung der F_1 in vegetative Linien mit anschließender Leistungsprüfung wird zweckmäßig auch bei äußerlich einheitlicher F_1 angewandt, weil diese trotz äußerer Einheitlichkeit eine Population von vegetativen Linien mit verschiedener Leistungsfähigkeit sein kann und in praxi wohl stets sein wird.

Die Bastardierungszüchtung kann bei Pflanzen, die vegetativ vermehrt werden, neben Erzeugung von Neukombinationen noch andere Zwecke haben. Wie wir in der zweiten Vorlesung gehört haben, erzeugt Bastardierung manchmal besonders üppig wachsende Pflanzen. Diese Erscheinungen der Heterosis können bei Vermehrung in großem Umfange nutzbringend verwertet werden. Ist solche Üppigkeit mit höherem Ertrage verbunden, was sein kann, aber nicht sein muß, so wird Vermehrung der ersten Generation diese Leistungsfähigkeit durch viele Generationen erhalten. Sobald diese Zuchten aber als Elternpflanzen zu geschlechtlicher Fortpflanzung genutzt werden, fällt dieser Nutzen weg, da die größere Üppigkeit nur auf die erste geschlechtliche Generation beschränkt ist, also an die vegetative Linie gebunden ist. Aus diesem Grunde versagen manche im Anbau besonders wertvolle Kartoffel- und Obstsorten als Ausgangssorten für Neuzüchtung, durch Bastardierung sowohl, als auch durch Selbstbefruchtung. Für die Züchtung jedoch fällt solcher Rückgang der Wüchsigkeit nach Selbstbefruchtung nicht so stark ins Gewicht, weil nach Verwendung solcher Eltern zu Bastardierungen in F_1 wiederum Steigerung der Wüchsigkeit wahrgenommen wird.

Neunzehnte Vorlesung.

Durchführung der Bastardierungszüchtung bei Selbstbefruchtung.

Bei Selbstbefruchtern kann die erste Generation nach Bastardierung ohne Trennung nach Mutterpflanzen geerntet werden, vorausgesetzt, daß sie äußerlich einheitlich war. Die

ganze Ernte wird im Zuchtgarten auf gleichen Standraum mit Hand gelegt. Eine Nutzung der Heterosis durch Anbau der F_1 im großen ist nur in dem seltenen Fall möglich, wenn durch einige wenige künstliche Bestäubungen genügend Samen für den Großanbau gewonnen werden (z. B. Tabak).

Die erwachsende F_2 zeigt die in den Vorlesungen 8 und 9 besprochenen Spaltungen gemäß Dominanz und Rezessivität der einzelnen Eigenschaften. Sichtbar werden die Spaltungen zwar für die qualitativen, nicht aber für die quantitativen Eigenschaften, die für die Praxis, soweit es sich um landwirtschaftliche Nutzflanzen handelt, maßgebend sind. Um in der F_2 möglichst schon alle Aufspaltungen zu erhalten, muß diese umfangreich sein und mehrere hundert Pflanzen umfassen. Daher muß die Zahl der F_1-Pflanzen und damit auch die Zahl der künstlichen Bestäubungen unter Berücksichtigung der Samenvervielfältigung genügend groß bemessen und die Kultur der F_1 so geführt werden, daß möglichst viel Samen gewonnen wird (frühe Saat, weiter Standraum).

Die Behandlung der zweiten Generation wird bei Züchtung, welche qualitative Eigenschaften berücksichtigt, anders sein als bei Züchtung auf quantitative Eigenschaften. Häufig werden erstere und letztere Gegenstand der Auslese sein. Ein Zuchtziel mit rein qualitativen Eigenschaften wird nur auf gärtnerischem Gebiete vorkommen, während in der landwirtschaftlichen Züchtung, wenn auch seltener, Bastardierungen zwischen zwei Eltern, die sich nur in quantitativer Beziehung unterscheiden, zur Ausführung gelangen (Linienbastardierungen).

Sind qualitative Eigenschaften Gegenstand des Zuchtzieles, so sind die Kenntnisse über Dominanz und Rezessivität der einzelnen Eigenschaften, die in Fruwirths Handbuch zusammengetragen sind, zu verwerten. Es wird in F_2, in einfacheren Fällen bei der Ernte, bei Beachtung mehrerer Eigenschaften im Laboratorium, eine Trennung der Pflanzen nach den äußeren Merkmalen vorgenommen. Ist das Zuchtziel eine rezessive Eigenschaft, so ist mit der Aussaat der rezessiven Individuen Konstanz erzielt; ist aber das Ziel eine dominante Eigenschaft, so werden in den Nachzuchten, also in F_3, konstante und spaltende Stämme, Individualauslesen auftreten. Auslese der konstanten F_3-Stämme würde auch in diesem Falle, also nur ein Jahr später, konstante Zuchtergebnisse liefern. Nun wird aber die Praxis, wenigstens der landwirtschaftlichen Züchtung, nie mit einer Eigenschaft als Zuchtziel arbeiten, sondern mit

einer Mehrzahl von Eigenschaften, und sie wird auch bei zielbewußter Bastardierung bestimmte Variationen, Neukombinationen, anstreben. In dem seltenen Fall, daß dieses Ziel Kombination von nur rezessiven Eigenschaften ist, ist die Auslese in F_2, die nur die wenigen Pflanzen dieser Neukombination faßt, von sofortigem vollem Erfolge. In F_3 wird die konstante Neuzüchtung fertig sein. Vorausgesetzt, daß bei den Spaltungen keine Koppelungen und Abstoßungen stattfinden, finden sich (s. Vorlesung 8) solche Kombinationen in der F_2

bei	2	3	4	5	Eigenschaften
unter	16	64	256	1024	Pflanzen

je einmal. Gleiches Verhalten und gleicher Ausleseerfolg ist zu verzeichnen, wenn die in Betracht kommenden Merkmale nicht gemäß Pisum-Typus völlig dominieren, sondern gemäß Zea-Typus die Heterozygoten durch Intermediärbildung äußerlich kenntlich sind.

Sollen eine rezessive und eine dominante Eigenschaft kombiniert werden, so werden unter 16 Pflanzen drei diese Neukombination zeigen, von denen zwei bezüglich der dominanten Eigenschaft spalten werden und eine konstant sich erweisen wird. Auslese letzterer ergibt auch in diesem Falle das fertige Züchtungsprodukt (Tafel IV). Das Schema zeigt diese Verhältnisse für die Bastardierung rotblühende, hohe × weißblühende, niedrige Erbse. Soll als Neuzüchtung eine niedere, rotblühende Erbsensorte geschaffen werden, so werden alle rotblühenden, niederen Erbsenpflanzen in der F_2 ausgezeichnet und zur individuellen Aussaat gebracht. Die F_3 zeigt dann in zwei Drittel aller Beete Spaltung in rot und weiß und in einem Drittel der Beete Konstanz in Rotblüte. Auslese dieser Beete, dieser Nachkommenschaften, ergibt mit Sicherheit die gewünschte Neuzüchtung in völliger Konstanz. Daher wird die weitere Pflanzenauslese auch nur innerhalb dieser Nachkommenschaften vorgenommen werden, um diese nun in verschiedene biologische Linien zwecks Leistungsprüfung der äußerlich gleichen Biotypen zu trennen. Es geht in diesem Falle also schon in der F_3 die Auslese nach Bastardierung in Veredlungsauslese über, wie sie in Vorlesung 15 besprochen worden ist. Die nämliche Bastardierung ergibt noch eine zweite Neukombination: weißblühend, hochwachsend; sie zu isolieren, gelingt auf die gleiche Weise.

Stets muß die Auslese nach Bastardierung eine Auslese von Pflanzen und von Nachkommenschaften sein, da die isophänen (äußerlich gleich erscheinenden) Pflanzen nicht alle isogen sind

(die gleiche erbliche Veranlagung aufweisen). Nur die Prüfung der Nachkommenschaften der einzelnen Pflanzen ermöglicht uns ein endgültiges Urteil über die erbliche Veranlagung der Einzelpflanze. Auf Grund der Prüfungsergebnisse muß dann der weiteren Pflanzenauslese eine Nachkommenschaftsauslese vorangehen.

Die fortgesetzte Auslese nach Bastardierung wird um so mehr Erfolg haben, je „reiner", je einheitlicher die Nachkommenschaften sind, aus denen die einzelnen Pflanzen gewählt werden. Daher ist scharfe Auslese zwischen den Nachkommenschaften angebracht; denn je schärfer die Auslese zwischen den Nachkommenschaften, desto erfolgreicher die Auslese der Einzelpflanzen innerhalb der Nachkommenschaften. Angenommen, es sind 100 Nachkommenschaften von Gerstenpflanzen erzogen und davon 2000 Einzelpflanzen geerntet. Die zur Weiterführung der Zucht erforderlichen 20 Elitepflanzen können aus 20 verschiedenen Nachkommenschaften oder aber aus 5 verschiedenen Nachkommenschaften gewählt werden. Im ersteren Fall ist die Auslese zwischen den Nachkommenschaften weniger scharf, aber die Auslese der Einzelpflanzen innerhalb der einzelnen Nachkommenschaften schärfer als im zweiten Fall.

Solange nur qualitative Eigenschaften Gegenstand der Züchtung sind, soll daher die Auslese in der zweiten Generation beginnen und in den weiteren Generationen fortgesetzt werden. Diese ist, solange noch nicht Konstanz erreicht ist, Auslese nach Bastardierung. Ist Konstanz erreicht, dann ist damit die neue Sorte fertig, das Ziel der Züchtung erreicht. Weitere Auslese ist dann als Auslese einer Veredlungszüchtung zu führen und bezieht sich auf quantitative Eigenschaften, auf verhältnismäßige Vererbung.

Andererseits ist es aber wichtig zu wissen, daß Unterlassung der Auslese keinen Nachteil bringt, da auch dann nach mehreren Generationen alle Neukombinationen vorhanden sind, sofern sie nicht durch natürliche Auslese verdrängt oder infolge von teilweisem, statt vollständigem Anbau der verschiedenen Generationen in Verlust geraten sind. Nilsson-Ehle und Emerson haben diesen Weg eingeschlagen. Er bietet bei qualitativen Eigenschaften keinen solchen Vorteil, daß er besonders empfehlenswert wäre, weil bei diesen Eigenschaften Auslese leicht ist und vielfach die Heterozygoten rascher durch Auslese ausgemerzt werden als durch automatisches Zurückgehen ihrer Zahl bei

Weiterbau der F_2. Veranlassung zu solchem Ausleseverfahren liegt nur vor, wenn durch Häufung der Zuchtarbeiten eine Aufarbeitung des Zuchtmateriales in den ersten Generationen nach Bastardierung nicht möglich ist.

Anders bei quantitativen Eigenschaften. Bei diesen können die Gesetzmäßigkeiten der Vererbung nach Bastardierung nicht so leicht erkannt und daher auch nicht so leicht verwertet werden, weil nicht das Ausmaß der Einzelpflanze, sondern erst das Linienmittel, der Mittelwert der von jeder Einzelpflanze nachgezogenen Individuen als Wertmaß und damit als Grundlage für die Auslese dienen kann. Die Bewertung ist also hier um eine Generation hinausgeschoben. Da aber auch für diese Eigenschaften die Gesetzmäßigkeiten der Vererbung gelten, wie in Vorlesung 9 gezeigt wurde, sind die dort ausgeführten Schlußfolgerungen für die Auslesearbeiten und -dauer anzuwenden. Die Zahl der Heterozygoten nimmt bei Weiterbau ohne Auslese und wirklichem Ausschluß von Fremdbefruchtung schnell ab, solange nicht viele Anlagen im Spiele sind. Je größer aber deren Anzahl, desto stärker ist der Anteil der Heterozygoten in den einzelnen Generationen. Der Anteil der Heterozygoten beträgt

bei	1	2	3	4	5	6 Anlagenpaaren
in F_2	50,0	75,0	87,5	93,75	96,88	98,44 %.

Die Mittelwerte der Nachkommenschaften heterozygoter Pflanzen aber werden durch die Aufspaltung beeinflußt, nach der Minus- oder Plusseite verschoben. Daher ist es sehr schwierig, aus den Ergebnissen der F_3 einen Einblick in die Aufspaltung in der F_2 zu gewinnen. Dies erübrigt sich für die praktische Züchtung; für sie würde der Arbeitsaufwand nicht in Einklang zu dem Erfolge stehen.

Für quantitative Eigenschaften können weit weniger die Ergebnisse von Bastardanalysen verwertet werden, da solche in geringerer Zahl vorliegen, und weil für sie zwischen Sorten und Biotypen eher unterschiedliches Verhalten in der Vererbungsweise und in der Zahl der vorhandenen Anlagen vorkommt. Daß auch bei diesen Eigenschaften Koppelungen auftreten, zeigte Freemann für Breite und Dicke der Ähre zu Kornhärte bei Getreide.

Für die praktische Züchtung empfiehlt es sich, durch individuelle Weiterzucht vieler, möglichst aller F_2-Pflanzen zahlreiche F_3-Populationen zu schaffen, deren einzelne Mittelwerte für jene quantitativen Eigenschaften, welche Berücksichtigung

finden sollen, durch Auswiegen und Messen der Pflanzen bestimmt werden. Aus jenen F_3-Populationen, deren Mittelwerte dem Zuchtziel am nächsten liegen, sind weiterhin Pflanzen auszuwählen, von deren Nachzuchten in F_4 wiederum die Mittelwerte bestimmt werden müssen, und innerhalb deren weitere Pflanzenauslese statthaben muß.

Der bezeichnete Nachteil der Verschiebung des Mittelwertes durch die Aufspaltung kann ausgeschaltet werden, indem die F_2 als Ganzes ohne Auslese weitergebaut wird. Dieser Weiterbau muß nicht zuchtgartenmäßig geschehen, sondern kann feldmäßig, als Drillsaat erfolgen. Bei Berücksichtigung einer Eigenschaft wird schon in F_4 die Wahrscheinlichkeit, einheitlich veranlagte Pflanzen auszulesen, 7 : 1 sein, insofern unter den Nachzuchten von acht ausgelesenen Pflanzen sieben konstant sein müssen. Infolgedessen wird die Auslese zweckmäßigerweise nicht länger als zwei Generationen, nämlich in F_2 und F_3, unterbleiben. In F_4 wird dann Einzelernte der Pflanzen vorgenommen, so daß die künstlich geschaffene Population in der fünften Generation in möglichst viele Stämme, Nachkommenschaften auseinandergezüchtet wird, deren Mittelwerte nunmehr infolge Zurücktretens der Heterozygotie schärfer die Veranlagung der Stammpflanze erkennen lassen, und deren Variabilitätsausmaß geringer ist als bei sofortiger Auslese zwischen F_2-Pflanzen.

Zu berücksichtigen bleiben, mag die Auslese auf diese oder jene Weise ausgeführt werden, jene erschwerenden Tatsachen, die in Vorlesung 10 (S. 67/68) geschildert wurden und häufig keine Beurteilung zulassen. Weiterhin ist die starke Modifikabilität quantitativer Eigenschaften im Verein mit der durch die Bastardierung absichtlich hervorgerufenen starken Variabilität der Linienmittel hinderlich. Die Auslese muß bei diesen Zusammenhängen

1. viele Individualauslesen im Zuchtgarten umfassen;
2. auf Grund der Vegetationsbeobachtungen alle Stämme entfernen, die in irgendeiner Hinsicht nicht befriedigen;
3. aus den gut befundenen Stämmen, die zur feldmäßigen Prüfung gelangen, viele Einzelpflanzen herausnehmen und weiterbauen, um auf diese Weise die Konstanz quantitativer Eigenschaften zu prüfen, die in der Feldprüfung nicht erfaßt wird.

Es wird sich dann die feldmäßige Leistungsprüfung anschließen können, weil in der F_6, welche in diesem Falle in den ersten Leistungsprüfungen erwachsen wird, selbst wenn vier Anlagen

für eine quantitative Eigenschaft vorhanden sind, nur noch 5,8 % Heterozygoten vorhanden sein werden. Ihr Anteil wird das Ergebnis der Leistungsprüfung nicht mehr so wesentlich verschieben, daß aus den Ergebnissen der Leistungsprüfung Fehlschlüsse gezogen werden. In selteneren Fällen wird man zu der feldmäßigen Leistungsprüfung schon die Zuchtgartenernte der F_4 heranziehen können.

Der Auslesevorgang wird also bei Durchführung der Bastardierungszüchtung unter Berücksichtigung quantitativer Eigenschaften dem Vorgang der Auslese bei Veredlungszüchtung völlig entsprechen. Das deutsche Ausleseverfahren wird am ehesten zum Erfolge führen. Aber der Auslesеerfolg wird im Gegensatz zur Auslese bei Veredlungszüchtung von selbstbefruchtenden natürlichen Populationen bei solch künstlichen, durch Bastardierung geschaffenen Populationen ein von Generation zu Generation fortschreitender sein, weil diese Populationen ein Gemisch heterozygoter und homozygoter Pflanzen bilden, während jene natürlichen Populationen ein Gemenge homozygoter Pflanzen sind.

In der landwirtschaftlichen Züchtung werden selten entweder nur qualitative oder nur quantitative Eigenschaften Gegenstand der Auslese sein. In den weitaus meisten Fällen werden Merkmale beiderlei Art Berücksichtigung finden müssen. Infolgedessen wird in den allermeisten Fällen in der F_2 nach Bastardierung eine Auslese nach leicht erkennbaren Merkmalen stattfinden und die Feststellung der quantitativen Eigenschaften jeweils ein Jahr später sich auf die Nachzuchten solcher Pflanzen beschränken, die im Vorjahre in qualitativen Merkmalen dem Zuchtziel entsprachen. Und auch zwischen diesen wird zweckmäßigerweise vor der mühsamen Ermittlung der Mittelwerte noch eine Auswahl getroffen werden, die alle jene Nachzuchten entfernt, die die elterlichen qualitativen Eigenschaften nicht voll vererben.

Wenn bei Auslese nur nach quantitativen Merkmalen schon in der F_4, vorausgesetzt, daß genügende Saatmengen vorliegen, Leistungsprüfung einsetzt, so wird dies bei Verfolgung eines Zuchtzieles mit qualitativen und quantitativen Merkmalen nicht oder nur sehr selten der Fall sein. Es kann in diesen Fällen die Leistungsprüfung erst einsetzen, nachdem für die qualitativen Eigenschaften Konstanz erreicht ist.

Weiterhin ist zu beachten, daß Auslese in der F_2 und den folgenden Generationen nach qualitativen Eigenschaften gleich-

zeitig unbewußte Auslese von Biotypen, also nach quantitativen Eigenschaften sein wird. Mit Ausmerzung einer bestimmten Form werden gleichzeitig all die biologischen Typen, die durch die betreffenden Pflanzen vertreten werden, ausgeschieden. Letztere können sich unter den zur Weiterzucht bestimmten Pflanzen gleichfalls finden; aber je geringer die Zahl dieser ist, um so geringer ist die Wahrscheinlichkeit hierfür.

Zwanzigste Vorlesung.

Durchführung der Veredlungszüchtung bei Fremdbefruchtung.

Wir wissen, daß Auslese bei Fremdbefruchtung richtend wirken kann. Das sagt uns aber auch schon, daß jede Störung bei dieser Richtunggebung die Erreichung des Erfolges hinausschiebt, ja selbst verhindert. Die Ausschließung von Störungen durch ungewollte Befruchtung erschwert bereits den Züchtungsbetrieb im Zuchtgarten sehr erheblich, noch mehr dann die Arbeit bei Vervielfältigung und vergleichender Prüfung. Störungen sind aber nicht nur auf der eigenen Wirtschaft möglich, sondern sehr empfindliche können auch von außen kommen, durch Besitzer anderer Wirtschaften. Je kleiner die Zuchtwirtschaft, je zerstreuter ihre Flächen liegen, desto größer wird diese Gefahr. Bisher schützte sich der Züchter, wenn der Besitzer angrenzender Felder nicht zur Verwendung von Originalsaatgut der betreffenden Züchter zu bewegen war, dadurch, daß er ihm solches im Austausch gegen eigenes Saatgut gab. Da nun aber die Förderung der Züchtung Landesinteresse ist und eine absichtliche Störung durch Nachbarn auch nicht ausgeschlossen ist, so liegt gesetzliche Regelung nahe. Ein Vorschlag für eine solche wurde auch schon und zwar von Siegel in einer kleinen Schrift „Das Recht des Gemüsezüchters“ gemacht, zunächst allerdings, wie es der Titel besagt, nur für Gemüsezüchtungen.

Nach dem, was wir in der 3. Vorlesung über die Verteilung der Anlagen in Populationen von Fremdbefruchtern erfahren haben, wird es nicht schwer fallen, verschieden veranlagte Individuen in solchen zu finden. Schwierigkeiten werden nur die fortwährenden Fremdbefruchtungen bieten.

Wenn wir bei dem Selbstbefruchter Erbse aus einer

Population ein rosablühendes Individuum herausgriffen, so konnten wir weitgehend sicher sein, eine rosablühende Nachkommenschaft zu erhalten. Wenn wir bei Erbse aus der Population, die unter tunlichst gleichen Verhältnissen erwuchs, ein hohes Individuum wählten, so konnten wir nicht mit Sicherheit, aber doch mit großer Wahrscheinlichkeit erwarten, eine im Durchschnitt höher wachsende Nachkommenschaft zu erhalten. Daß wir im ersten Fall von weitgehender Sicherheit, im zweiten Fall nur von großer Wahrscheinlichkeit sprechen, ist durch die geringe, bzw. große Modifikabilität der Eigenschaften begründet. Zu diesen Unterschieden zwischen qualitativ und quantitativ variablen Eigenschaften, wie sie der Selbstbefruchter Erbse bietet, kommt bei einem Fremdbefruchter nun die ständige geschlechtliche Mischung von Anlagen durch die Fremdbefruchtung hinzu.

Auch bei Fremdbefruchtern wird man die Züchtung mit einer großen Zahl von Ausgangsindividuen beginnen wollen. Bei Fremdbefruchtern muß man, wenn diese im Bestande gewählt werden, mit dem Umstand rechnen, daß jedes derselben Folgen früherer Fremdbefruchtungen in sich trägt und jedes, wenn es im Bestand abblüht, wieder weiteren Befruchtungen verschiedenster Art ausgesetzt ist. Der erste Umstand ist nicht zu verhindern, dagegen kann man den ungehinderten Zusammentritt gewählter Ausgangsindividuen ausschließen.

Entweder kann man zu diesem Zweck Selbstbefruchtung erzwingen, wenn die gezüchtete Pflanze bei Selbst- und Nachbarbestäubung Ansatz gibt, oder aber man kann nur erprobte Ausgangspflanzen geschlechtlich zusammentreten lassen. Dies wird wieder möglich sein, wenn man entweder die Ausgangspflanzen vor der Blüte beurteilen kann, wie Rüben, die im ersten Lebensjahr geprüft werden, oder mehrjährige Pflanzen, wie Gräser, die man zuerst einzeln prüft, oft selbst nachdem man aus einem Ausgangsindividuum durch Vermehrung viele gebildet hat, oder endlich, wenn man die Nachkommenschaftsleistung feststellen und dann noch entweder von den Ausgangsindividuen Samen gewinnen kann, was eben nur bei mehrjährigen Pflanzen sicher durchführbar ist, oder von den selbstbefruchteten Ausgangsindividuen Samen zurückbehalten hat.

Die Feststellung der Nachkommenschaftsleistung ist, allerdings auch schon bei einjährigen Pflanzen, auf einem einfachen, aber eben weniger sicheren Weg versucht worden. Dieser Weg ist von Dickmann in Deutschland und Williams in Nord-

amerika gewiesen worden. Er besteht darin, daß man von einer frei im Bestand abgeblühten Pflanze die Hälfte der Samen sät und nur mit Samen jener Ausgangspflanzen die Züchtung fortsetzt, welche eine gute Nachkommenschaft geliefert haben. Da bei ungehinderter Fremdbefruchtung die verschiedensten Zusammentritte möglich sind, theoretisch ja jede Samenknospe von einer anderen Vaterpflanze aus bestäubt werden kann, ist es natürlich nicht notwendig, daß die eine Hälfte der Samen dieselben Anlagen wie die andere besitzt.

Ein Vorschlag für sichere Beurteilung der Nachkommenleistung ist von dem dänischen Forscher Schmidt, auf Grund seiner Versuche, gemacht worden. Er will das Vererbliche von dem Persönlichen bei den Ausgangspflanzen dadurch trennen, daß er je zwei Ausgangspflanzen mit ein und derselben anderen Pflanze künstlich fremdbefruchtet und die möglichst an Individuen reichen, unter tunlichst gleichen Standortsverhältnissen erwachsenden Nachkommenschaften miteinander vergleicht. Dabei wird vorausgesesetzt, daß bei derartiger Fremdbefruchtung, so wie dies bei vielen Bastardierungen für quantitative Eigenschaften festgestellt worden ist, die nächste Generation das Mittel des Ausmaßes zeigt, in dem diese Eigenschaft bei den Eltern vorhanden war. Es wird demnach Pflanze A♀ mit C♂ und Pflanze B♀ mit C♂ befruchtet; die erste Befruchtungsart gibt das Nachkommenschaftsmittel I, die zweite das Mittel II, und 2. (I—II) ist nun der Unterschied im Vererblichen der beiden Pflanzen A und B. Hat sich nun Pflanze A besser veranlagt als B (I > II) erwiesen, so wird Same von dieser und anderen bewährten, die nun nebeneinander abblühen können, verwendet, was bei mehrjährigen Pflanzen leicht möglich ist. Bei einjährigen Pflanzen müßte gleichzeitig mit der Fremdbefruchtung auch Selbstbefruchtung ausgeführt worden sein, was nicht bei allen Arten möglich ist und das Verfahren auch erschwert.

Die Schwierigkeit bei der Durchführung des Verfahrens besteht in erster Linie in der künstlichen Bestäubung einer sehr großen Zahl von Blüten und in der Heranziehung einer möglichst großen Zahl von Individuen unter weitgehend gleichen Standortsverhältnissen. Ist Selbst- und Nachbarbestäubung bei der betreffenden Pflanzenart ganz oder nahezu ausgeschlossen, wie bei Rotklee, Roggen, so mindern sich die Schwierigkeiten bei der Bestäubung, da dann die Kastration wegfallen kann. Die Schwierigkeiten bei Bestäubung sind auch geringer, wenn man einhäusige Pflanzen, wie Mais, verwendet. Aber die Fortsetzung

ist auch bei solchen Pflanzen nur dann ohne Schwierigkeiten oder überhaupt nur möglich, wenn sie mehrjährig sind.

Bei den Nachkommenschaften der Ausgangspflanzen erhebt sich nun wieder die Frage: „Wie ist Fremdbefruchtung zwischen diesen auszuschließen?“ Bei räumlicher Trennung muß man auf einen Vergleich der Nachkommenschaften untereinander, mindestens auf einen Ertragsvergleich, verzichten. Bei Nebeneinanderstehen der Nachkommenschaften muß man auch wieder, wie bei den Ausgangspflanzen, unterscheiden zwischen Pflanzen, bei welchen eine Beurteilung ihres Wertes vor dem Blühen möglich ist, und Pflanzen, bei welchen die Beurteilung der Nachkommenschaftsleistung erst nach der Ernte erfolgen kann.

Bei ersteren Pflanzen kann man alle minderwertigen Nachkommenschaften ausschließen und nur die besten geschlechtlich zusammentreten lassen. Man kann aber auch bei ihnen Inzestzucht treiben, indem man ganze Nachkommenschaften einschließt. Daß dieser Weg auch bei Pflanzen möglich ist, die einzeln eingeschlossen keinen oder sehr spärlichen Ansatz geben, haben mir meine Versuche mit Roggen gezeigt, bei welchen seit 14 Jahren jährlich ein Teil der Nachkommenschaft einer Auslesepflanze des Vorjahres unter Öltuchhauben abblühte, also Inzestzucht mit Geschwisterbefruchtung getrieben wurde. Abb. 21 führt diesen Weg vor. Es ist der von East und Jones bei Mais besonders empfohlene.

Bei Pflanzen, bei welchen die Beurteilung erst nach der Blüte oder meist erst nach der Reife möglich ist, wie dies schon bei dem erwähnten Roggen der Fall ist, kann derartige Inzestzucht auch angewendet werden. Bei solchen Pflanzen kann man aber auch eine größere Zahl Pflanzen jeder Nachkommenschaft nur nach solcher Beurteilung wählen, die sich vor der Blüte ermöglichen läßt, diese Pflanzen einschließen, ihre Nachkommenschaften beurteilen und dann hinterher erst die Auslesepflanzen, von welchen ein Teil Samen zurückbehalten wird, beurteilen. Beispielsweise geben die Pflanzen A_1, A_6, A_{18} aus der Nachkommenschaft A die Nachkommenschaften gleichen Namens, von welchen A_6 und A_{18} beispielsweise schlechter als A_1 sind, und die Pflanzen B_3, B_7 und B_{26} geben die. gegenüber B_{26} weniger guten Nachkommenschaften B_3 und B_7. Damit ist nun das Urteil über die eingeschlossenen Pflanzen A_6, A_{18}, B_3 und B_7 gesprochen. Das Verfahren ist dem bei Ausgangspflanzen besprochenen von Williams ähnlich, arbeitet aber mit Selbstbefruchtung.

(Text S. 124 weiter.)

Die immerhin schwieriger zu überblickenden Verhältnisse bei Durch-
Zusammenstellung der meisten

Ausgangspflanzen	Selbstbefruchtung bei Einzelpflanzen möglich Beurteilung der Pflanzen möglich:	
	a) vor Blühen	b) nach Blühen
	Nach Äußerem[1]) gewählte eingeschlossen	Beliebige eingeschlossen und unter denselben nach Äußerem[1]) gewählt
	1	2
Nachkommenschaften	von Selbstbefruchtung stammend	von Selbstbefruchtung stammend
	minder gute vor Blühen beseitigt	minder gute nach Blühen beseitigt
Auslesepflanzen	nach Äußerem[1]) gewählte eingeschlossen	Beliebige eingeschlossen und unter denselben später nach Äußerem[1]) gewählt
Nachkommenschaften	von Selbstbefruchtung stammend	von Selbstbefruchtung stammend
	minder gute vor Blühen beseitigt	minder gute nach Blühen beseitigt
	Ist Inzestzucht mit Selbstbefr.	Ist Inzestzucht mit Selbstbefr.
	Wenn keine räumliche oder zeitliche Trennung der Nachkommenschaften, treten diese vor Lieferung des Auslesesaatgutes geschlechtlich zusammen, entweder:	
	nach Ausscheidung minder guter, die guten	alle; das Auslesesaatgut ist daher bei 2 minder gut als bei 1

[1]) Unter „Äußerem“ ist dabei immer gemeint, daß nur nach dem Phaenotypus ge-

führung der Auslese bei Fremdbefruchtung seien durch eine tabellarische Fälle nochmals vorgeführt:

Selbstbefruchtung bei Einzelpflanzen nicht möglich, Einschluß ganzer Nachkommenschaften oder von Teilen solcher möglich. Beurteilung der Pflanzen möglich:

a) vor Blühen			b) nach Blühen		
Nach Äußerem[1]) gewählte	Nach Williams Verfahren beurteilte	Nach Schmidts Verfahren beurteilte. Für mehrjähr. Pfl.	Beliebige und unter denselben nach Äußerem gewählt	Verfahren 4	Verfahren 5
3	4	5	6	7	8
von Fremdbefr. zwischen nach Äußerem gewählten Ausgangspfl. stammend,	von Fr. zwischen Pfl. stammend, deren Nachkommenleistung geschätzt	von Fr. zwischen Pfl. stammend, deren Nachkommenleistung beurteilt	von Fr. zwischen beliebigen Ausgangspfl. stammend	wie 4	wie 5
minder gute vor Blühen beseitigt	minder gute vor Blühen beseitigt	minder gute vor Blühen beseitigt	minder gute nach Blühen weg	minder gute Nachkommenschaft nach Blühen weg	
Nach Äußerem[1]) gewählte Ausgangspfl. aus guten Nachkommenschaften	Wie bei Ausgangspfl.	Wie bei Ausgangspfl.	Beliebige aus guten Nachkommensch. u. nach Blühen nach Äußerem[1]) gewählt	wie 4	wie 5
von Fremdbefruchtung zwischen nach Äußerem gewählten Pfl. und Nachkommenschaften	von Fr. zwischen guten Nachkommenschaften geschätzter Pflanzen	von Fr. zwischen guten Nachkommenschaften beurteilter Pflanzen	von Fr. zwischen guten und anderen Nachkommenschaften	wie 4	wie 5
minder gute vor Blühen beseitigt	minder gute vor Blühen weg	minder gute vor Blühen weg	minder gute nach Blühen weg	minder gute nach Blühen weg	
Ist Fr. zwischen nach Äußerem gewählten Auslesepfl. und solchen Nachkommenschaften	Ist Fr. zwischen nach Nachkommenschaftsleistung geschätzten Pfl. und guten Nachkommenschaften solcher	Ist Fr. zwischen nach Nachkommenschaftsleistung beurteilten Pfl. und guten Nachkommenschaften solcher	Ist Fr. zwischen guten Nachkommenschaften, die neben anderen abblühten	Ist Fr. zwischen nach Nachkommenschaftsleistung geschätzten Pfl. und allen Nachkommenschaften solcher	Ist Fr. zwischen nach Nachkommenschaftsleistung beurteilter Pfl. und allen Nachkommenschaften solcher
Wird Einschluß oder räumliche oder zeitliche Trennung der Nachkommenschaften durchgeführt, so wird das Verfahren zu gewöhnlicher Inzestzucht	Beurteilung der Ausgangs- u. Auslesepfl. etwas sicherer als bei 3	Beurteilung der Ausgangs- u. Auslesepfl. sicherer als bei 4	Beurteilung der Ausgangs- u. Auslesepfl. sowie der Nachkommenschaften unsicher, da erst nach Blühen und dabei Befruchtung aller untereinander, möglich.	Beurteilung der Nachkommenschaften unsicher, da erst nach Blühen — und dabei erfolgender Befruchtung aller Nachkommenschaften untereinander — möglich	
	Ausgestaltung zu gew. Inzestzucht wie bei 3 möglich	Ausgestaltung zu gew. Inzestzucht wie bei 3 möglich	Ausgestaltung zu gew. Inzestzucht wie bei 3 möglich und dann Nachkommenschaften sicherer beurteilt	Ausgestaltung zu gew. Inzestzucht wie bei 3 möglich und dann Nachkommenschaften sicherer beurteilt	

wählt wird, die Modifikationen also verschleiernd wirken.

Bei Pflanzen, die, einzeln eingeschlossen, keinen Samen bringen, hat man nun auch weitere Wege zu gehen versucht:

Man hat die Nachkommenschaften frei nebeneinander abblühen lassen, aber sie durch je mehrere Randreihen von Auslesepflanzen gleicher Abstammung — Mantelsaaten nennt sie v. Rümker, der dieses Verfahren anwandte — voneinander getrennt. Man hat, so wie bei Ausgangspflanzen, von jeder

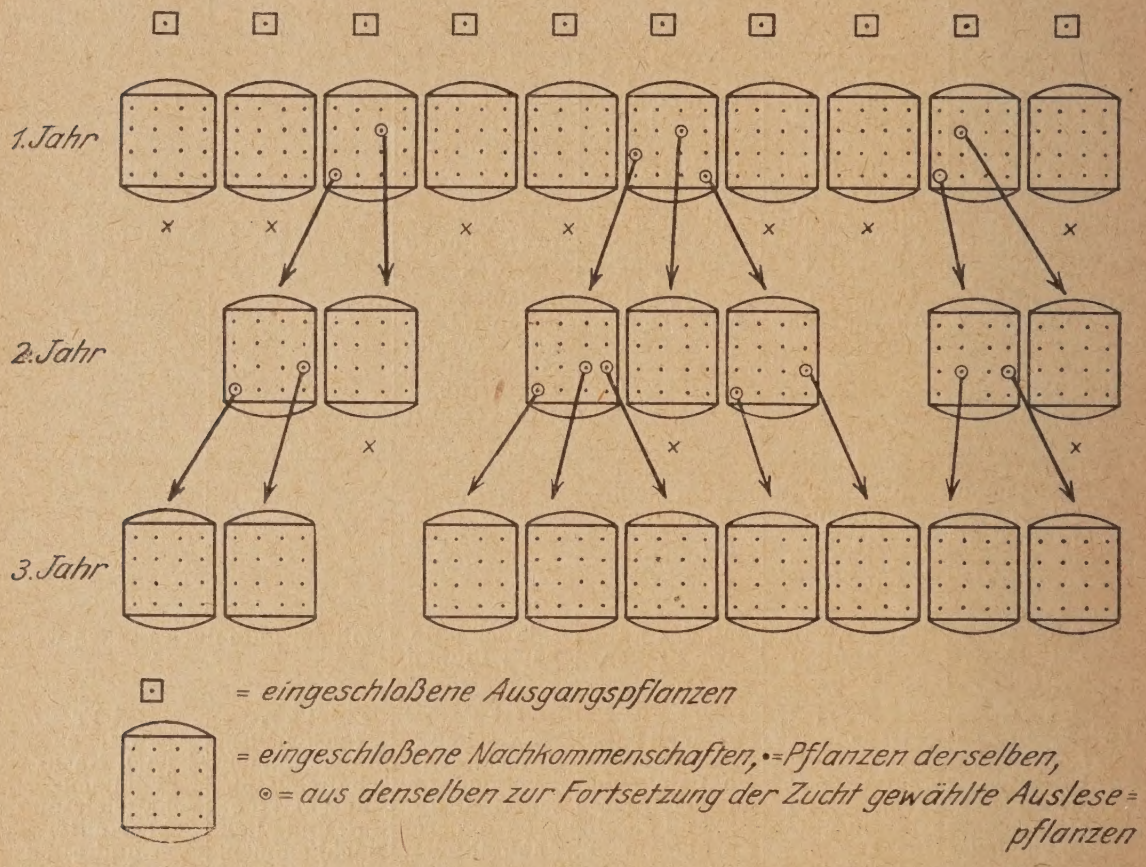


Abb. 21. Nebeneinanderführung von Individualauslesen mit Fortsetzung der Auslese und vollkommener geschlechtlicher Trennung bei Fremdbefruchtern, die beim Einschluß einzelner Pflanzen Samen liefern. Darstellung nur für die Fortführung im Zuchtgarten, ohne Berücksichtigung der Vervielfältigung.

gewählten, frei abgeblühten Pflanze einer Nachkommenschaft die eine Hälfte der Samen gesät und nur von jenen Pflanzen die andere Hälfte, die sich bei der ersten Saat bewährten. Wir haben schon bei den Ausgangspflanzen über das Verfahren geurteilt. Ebenso kann das Verfahren von Schmidt Anwendung finden.

Man hat endlich die Nachkommenschaften ohne Schutz nebeneinander abblühen lassen und ständig Auslese unter denselben

vorgenommen. Daß dieses Verfahren auch zum Ziele führt, zeigen die Roggenzüchtungen von v. Lochow und die Rotkleezüchtung von v. Dreger.

(Tabelle S. 122, 123.)

Bei Fortsetzung der Züchtung dürfen Nachkommenschaften, falls sie nicht eingeschlossen sind, natürlich nie neben den Absaaten von Auslesesaatgut stehen, da die große Masse des Pollens derselben den weiteren Fortschritt bei den Nachkommenschaften ungünstig beeinflussen würde. Auch die Schwierigkeiten der geschlechtlichen Getrennthaltung bei den Absaaten von Auslesesaatgut treten hinzu. Bei diesen ist nun räumliche, unter Umständen zeitliche Trennung der einzig mögliche Weg, da an ein Einschließen größerer Bestände nicht gedacht werden kann. Eine vergleichende Prüfung der Absaaten schließt sich dabei aus, da sie ja nicht unter gleichen Verhältnissen erwachsen. Soll ein solcher Vergleich doch durchgeführt werden — und man wird wenigstens nicht ganz auf solchen verzichten wollen — so muß er mit einem Teil des Auslesesaatgutes, entfernt von allen Saaten der Zucht, vorgenommen werden, und man muß die Ernte dieses Vergleiches von der Gewinnung von Zuchtsaatgut ausschließen. Der Vergleich kann dabei, so wie bei Selbstbefruchtern, nur innerhalb der Nachkommenschaften einer Individualauslese oder nur zwischen Individualauslesen oder aber auch mit der weitergebauten Ausgangspopulation vorgenommen werden. Diese Weiterführung muß natürlich sehr sorgsam behandelt werden, damit nicht Bestäubungen mit den Auslesen stattfinden können.

Bei der Besprechung der Vererbung quantitativer Eigenschaften nach Bastardierung ist darauf verwiesen worden, daß die Beurteilung der ersteren, schon bei Selbstbefruchtung, wesentlich schwieriger ist als jene der qualitativen Eigenschaften. Dieser Umstand wird natürlich bei Beurteilung der Nachkommenschaften bei Fremdbefruchtung im verstärkten Ausmaß vorhanden sein, da bei dieser, gegenüber Selbstbefruchtung, neben den Modifikationen auch Variationen bei den Nachkommenschaften die Verhältnisse verschleiern, wenn weder bei Auslesepflanzen noch Nachkommenschaften beliebiger geschlechtlicher Zusammentritt verhindert wird.

Der Erfolg der Auslese bei Inzestzucht mit Selbstbefruchtung und gewöhnlicher Inzestzucht beruht auf den Zahlenverhältnissen nach Spaltungen, mit deren Berechnung sich Jennings, Pearl,

Fish, Heukels, Baas-Becking befaßt haben (s. Vorlesung 10). Der Erfolg der Auslese bei Inzestzucht mit Selbstbefruchtung ist am raschesten erreicht. Waren ursprünglich für eine Eigenschaft 1/4 Individuen AA, 1/2 Aa und 1/4 aa vorhanden, so werden die heterozygotischen Aa veranlagten Individuen bei dieser schon nach 7 Generationen nur mehr 0,008 % ausmachen, bei gewöhnlicher Inzestzucht erst nach 21 Generationen.

Noch eines Vorganges muß gedacht werden und zwar eines solchen, der bei Graszüchtung von Witte in Svalöf, Hopkins in Amerika und Lang in Hochburg angewendet worden ist, aber auch bei anderen Fremdbefruchtern benützt werden kann. Er besteht, bei Verzicht auf Reinheit der Veranlagung aber Erzielung großer Einfachheit und Billigkeit, in der Schaffung einer besseren Population. Die Abb. 22 führt das Verfahren

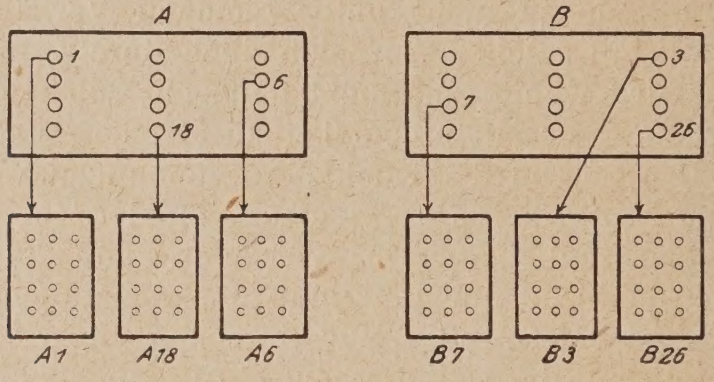


Abb. 22. Nebeneinanderführung von Individualauslesen mit nur einmaligem Vergleich vegetativer Nachkommenschaften.

nach Lang vor. Die durch Vermehrung der Ausgangspflanzen erhaltenen vegetativen Nachkommenschaften werden geprüft und von den besten derselben, also eigentlich von den besten Ausgangspflanzen, wird Samen gewonnen. Von jenen Nachkommenschaften, welche sich bei einem Anbauversuch mit solchem Samen am besten bewähren, wird dann neuerlich — nun aber mit räumlicher Trennung der Nachkommenschaften — vegetativ vermehrt und von jeder räumlich isolierten vegetativen Nachkommenschaft Samen zum Verkauf gewonnen. Natürlich vererbt derartiges Saatgut nicht voll, aber die vegetativ erhaltenen Nachkommenschaften und ihre weiteren vegetativen Vermehrungen geben immer wieder Saatgut, das in der daraus erwachsenden Generation immer Gleiches liefert.

Einundzwanzigste Vorlesung.

Durchführung der Bastardierungszüchtung bei Fremdbefruchtern.

Bei Fremdbefruchtern stehen der Bastardierungszüchtung von den 2. Generationen ab sehr große Schwierigkeiten entgegen.

Die Technik der Bastardierung ist zwar vielfach einfacher. Bei Arten mit getrennt männlichen und weiblichen Pflanzen, wie Hanf, Spinat, oder selbststerilen Pflanzen, wie Rotklee, ist Kastration nicht erforderlich. Bei Pflanzen, bei welchen ♂ mit ♀ Blüten getrennt an einem Individuum sich befinden (monöcischen Pflanzen), ist Kastration auszuführen, sofern es sich um Pflanzen handelt die bei S, wenn auch geringen, Ansatz bringen (Mais); die Durchführung der Kastration ist bei diesen aber leicht, auch im großen Maßstabe möglich. Bei Windbefruchtern liegt die größere Schwierigkeit in der Isolierung gegen ungewollte Bestäubung, die bei Insektenbefruchtern sehr viel leichter auszuüben ist.

Bei Insektenbefruchtern kann, sofern Selbststerilität vorliegt, nicht nur die Kastration, sondern auch die künstliche Bestäubung unterbleiben. Man läßt dann die gewollte Bastardierung, wie Fruwirth zuerst zeigte, durch Insekten, sei es durch Hummeln (Lindhard) oder durch Bienen (Roemer) (Abb. 23) oder durch Schmetterlinge unter Gazekasten ausführen, in denen nur die beiden Elternpflanzen der Bastardierung, die in Töpfen gezogen sein müssen, stehen.

Die größere Wüchsigkeit der 1. Generation kann bei Fremdbefruchtern, im Gegensatz zu den Selbstbefruchtern, im großen genutzt werden. Stets wird solche Nutzung der Erscheinungen der Heterosis auf die 1. Generation beschränkt sein. So wird z. B. die gesteigerte Wüchsigkeit der F_1 in Nordamerika bei Mais in großem Maßstabe genutzt. Der Vorgang ist folgender: Nachdem durch Zuchtversuche im kleinen feststeht, daß die geschlechtliche Mischung eines Zuchtstammes G mit einem solchen M besonders wüchsige und ertragreiche F_1 ergibt, wird G und M zunächst rein vervielfältigt, bis genügend Elitesaat vorhanden ist. Dann wird das Maisfeld in abwechselnden Reihen mit G und M besät, beim Schossen werden alle G-Reihen entgipfelt, auf diese Weise kastriert, so daß die G-Reihen nur

Abb. 23. Künstliche Befruchtungen von Rotklee durch Bienen. Bromberg 1917.

durch Blütenstaub von M bestäubt und befruchtet werden können. Die Ernte der G-Reihen erfolgt getrennt von jenen der M-Reihen, was bei Mais, infolge des weiten Standraumes und der Standfestigkeit, keine Schwierigkeiten bereitet. Die Ernte der M-Reihen ergibt Futtermais, die Ernte der G-Reihen Verkaufssaatgut, das auf den Feldern der Käufer die Erscheinungen der Heterosis, gesteigerte Wüchsigkeit zeigen wird. Die Feldbestände der Käufer sind dann 1. Generationen, deren weitere Verwendung zur Aussaat wegen der erfolgenden Aufspaltungen und des Verschwindens der gesteigerten Wüchsigkeit unterbleiben muß. Fruwirth hat für Roggen in Versuchen mit künstlicher Bastardierung gleiches gefunden. Roemer hat dies ins Große zu übertragen versucht. Je zwei Roggensorten wurden in mechanischem Gemenge angebaut und gegen andere Bestäubung isoliert, so daß theoretisch in einem Bestand A+B-Sorten die eine Hälfte der A-Ernte aus A×A-, die andere aus A×B-Befruchtungen, die eine Hälfte der B-Ernte aus B×A- und die andere aus B×B-Befruchtungen erwachsen mußte[1]). Die vergleichende Ertragsprüfung dieser Nachzuchten ergab in dreijährigem Durchschnitt folgende Zahlen:

Orig. Petkuser	64,57	kg	Korn	auf	200 qm
Orig. Lübnitzer	65,68	„	„	„	200 „
Petkuser+Lübnitzer . . .	64,77	„	„	„	200 „
Orig. Jägers Champ. . . .	62,15	„	„	„	200 „
Petkuser+Jägers Champ. . .	68,40	„	„	„	200 „
Lübnitzer+Jägers Champ. .	62,46	„	„	„	200 „

Eine geschlechtliche Mischung der heute bei uns im Anbau befindlichen Originalroggensorten wird also eine Steigerung der Roggenerträge nicht sicherstellen. Dies kann seinen Grund darin haben, daß die Züchter selbst eine mechanische Mischung verschiedener Zuchtstämme für die Ansaat der das Originalsaatgut liefernden Bestände vornehmen oder aber darin, daß die heutigen Originalsorten noch nicht so einheitlich durchgezüchtet sind, wie dies in den Roggenzuchten Fruwirths der Fall war.

Wesentlich anders als bei Selbstbefruchtern liegen die Verhältnisse bei der Durchführung der Bastardierungszüchtung in den 2. Generationen. Für die Fremdbefruchter liegen erst sehr wenige sichere Angaben über die Vererbungsweise einzelner Eigenschaften vor, noch viel weniger über die Zahl und Wirkungsweise von Anlagen bestimmter Merkmale. Am weitesten sind

[1]) Die technische Durchführung veranschaulicht Abb. 24 S. 130.

Versuche von Kajanus bei Beta vulg. gediehen, aber auch sie lassen deutlich die sehr viel größeren Schwierigkeiten zielbewußter Anwendung der Vererbungsgesetze bei Fremdbefruchtern erkennen.

Einfacher Weiterbau der 2. Generation nach Bastardierung ohne jede Auslese führt bei Fremdbefruchtern, wie in Vor-

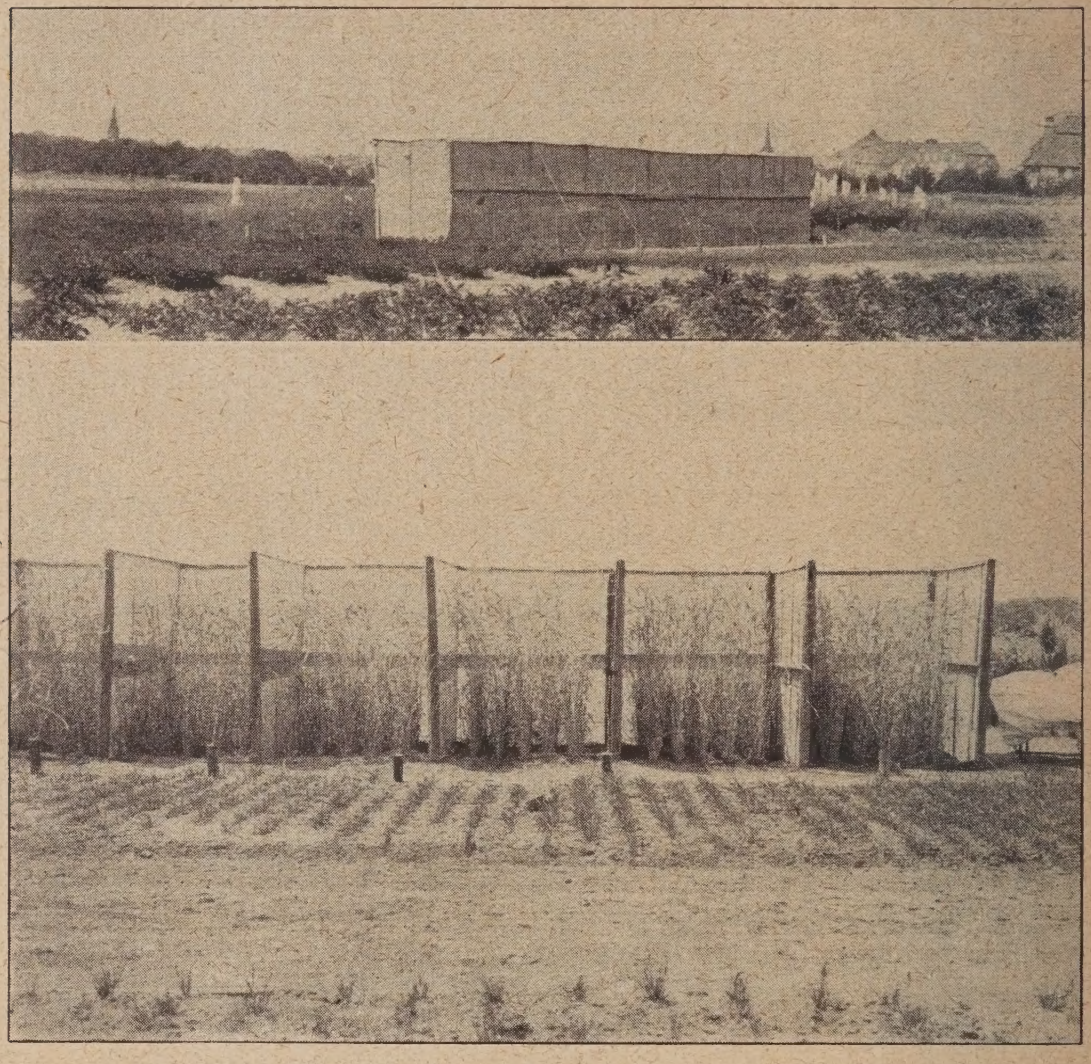


Abb. 24. Isolierungen von Roggensortengemengen zur Erzielung von Heterosis. Bromberg 1915. *a* geschlossen; *b* zur Aberntung geöffnet.

lesung 10 gezeigt wurde, nicht zu einer Abnahme der Heterozygoten, sondern sie bleiben ihrer Zahl nach erhalten. Nicht aber bleiben sowohl homo-, wie heterozygote Kombinationen ihrer Art nach erhalten, sondern jede Kombination wird infolge der einsetzenden Fremdbestäubung wieder verändert. Es ergibt sich ein dauerndes Entstehen und Zerfallen von Kombinationen

sowohl für qualitative, wie quantitative Eigenschaften. Infolgedessen ist ein Weiterbau ohne Auslese nicht angebracht.

Aber auch einfache Auslese von Pflanzen und Nachkommenschaften wird nicht so leicht zum Ziele führen, wie bei den Selbstbefruchtern, denn jede Kombination, die man gefaßt hat, verschwindet wieder in der Nachzucht, weil Erbmasse anderer Kombinationen weiterhin wirken wird. Daher darf sich die Durchführung der Bastardierungszüchtung bei Fremdbefruchtern nicht auf Auslese von Pflanzen und Nachkommenschaftem beschränken, sondern es muß neben dieser sorgfältige Regulierung der Bestäubung einsetzen, soweit dies technisch möglich ist.

Die Durchführung der Bastardierungszüchtung wird daher verschieden sein bei mehrjährigen und einjährigen Pflanzen und bei letzteren wieder bei Beachtung von Eigenschaften, die vor der Blüte beurteilt werden können und solchen, die erst nach der Blüte eine Beurteilung zulassen.

Bei mehrjährigen Fremdbefruchtern ist in dem ersten Jahr nach Auslese der Elitepflanzen vergleichende Prüfung der Nachkommenschaften möglich, weil ein räumlich getrennter Anbau nicht erforderlich ist und die Gefahr der geschlechtlichen Beeinflussung erst im zweiten Jahre während der Blüte besteht (Zucker-, Futter-, Wasserrüben, Möhren, Kohlarten). Im zweiten Jahre werden daher zur Zeit der Blüte nur Pflanzen von im Vorjahre geprüften Stämmen sich geschlechtlich mischen. Infolgedessen wird bei mehrjährigen Fremdbefruchtern ohne besondere Maßnahmen eine richtunggebende Beeinflussung im Sinne der Auslese erreicht. Größer wird der Arbeitsaufwand bei mehrjährigen Fremdbefruchtern, die normalerweise am Standort des ersten Jahres stehen bleiben, wie Gräser, Kleearten, Stauden, Hölzer, Kautschuk, Cocos, Kaffee. Vollständige Entfernung und damit Entzug der wirtschaftlichen Nutzung der zahlenmäßig überwiegenden, minderwertigen Nachkommenschaften oder Verpflanzung der zahlenmäßig sehr viel geringeren, züchterisch wertvollen Elitepflanzen muß vorgenommen werden, um die Variabilität im Sinne des Zuchtzieles zu lenken.

Bei bestimmten Fremdbefruchtern wird ersteres auch ohne besondere Aufwendungen sich mit den übrigen Zuchtarbeiten vereinigen lassen. Wenn etwa Ausdauer als Auslesemoment berücksichtigt wird, so werden die einzelnen Nachkommenschaften der F_2-Planzen, nebeneinander angebaut, alljährlich Ertragsprüfungen unterworfen sein, bis die Mehrzahl der Nach-

kommenschaften eingegangen ist und nur noch die lebensfähigsten erhalten blieben. Sowohl Wind- wie Insektenbefruchtung wird dann nur dem Zuchtziel entsprechende Pflanzen geschlechtlich mischen. Abb. 25 zeigt solchen Vorgang bei Luzernezüchtungen, die Roemer in Bromberg 1914 von Broili übernommen und bis 1919 weitergeführt hat. Weiterhin können aber auch die wenigen übrig bleibenden Stämme (nicht einzelne Pflanzen) künstlich isoliert werden, insbesondere bei Insektenbefruchtern, wie Lindhard solches in Tystofte ausführt. Auf diesem Wege gelingt es, wenn auch nicht so rasch wie bei S, trotz der F im Laufe von etwa 15 Generationen jene Neukombinationen, die durch Bastardierung erzielt werden sollten, zu festigen und zu isolieren.

Den zweiten Vorgang, Umpflanzung der wertvollen Nachkommenschaften wird man bei Flachwurzlern gut durchführen können, ja vielfach wird er mit vegetativer Vermehrung, wie bei Gräsern, oder mit Pfropfen, wie bei Reben, vereint werden können.

Der Nutzen der Nachkommenschaftsprüfung und der auf solcher aufgebauten Beeinflussung der geschlechtlichen Mischung wächst natürlich mit der Dauer der Prüfung vor der Blüte. Wenn von Kautschuk nur solche Bäume sich gegenseitig bestäuben, deren individuelle Nachzucht viele Jahre auf Ertrag und anderes geprüft ist, so wird dies weit wertvoller sein, als wenn die Nachzucht nur drei Jahre hindurch geprüft ist. Gleiches kann auch bei der Rübenzüchtung genutzt werden, da es gelingt, einen mal kleineren, mal größeren Prozentsatz der Eliterüben nicht nur im zweiten, sondern auch im dritten und vierten Jahre Samen tragen zu lassen. Dann werden im vierten Jahre nur Rüben, deren Nachzucht aus der ersten und zweiten Samenernte (zweites und drittes Jahr) geprüft und bewährt ist, zusammengepflanzt.

Bei einjährigen Fremdbefruchtern wird die fortgesetzte Bildung von Neukombinationen ebenfalls in gewünschte Bahnen geleitet werden, sofern Eigenschaften, die vor der Blüte beurteilt werden können, Gegenstand der Auslese sind. Dies können sowohl qualitative wie quantitative Eigenschaften sein. Ergibt die Bastardierung frühreifen × spätreifen Roggens in der F_2 Aufspaltung, so wird bei Anstrebung frühreifer Neukombinationen schon in der F_2 Ausziehen der spätschossenden Pflanzen die Bestäubung im Sinne der Auslese beeinflussen und damit den weiteren Aufspaltungen Richtung geben. Getrennter Anbau der Nachkommenschaften der einzelnen F_2-

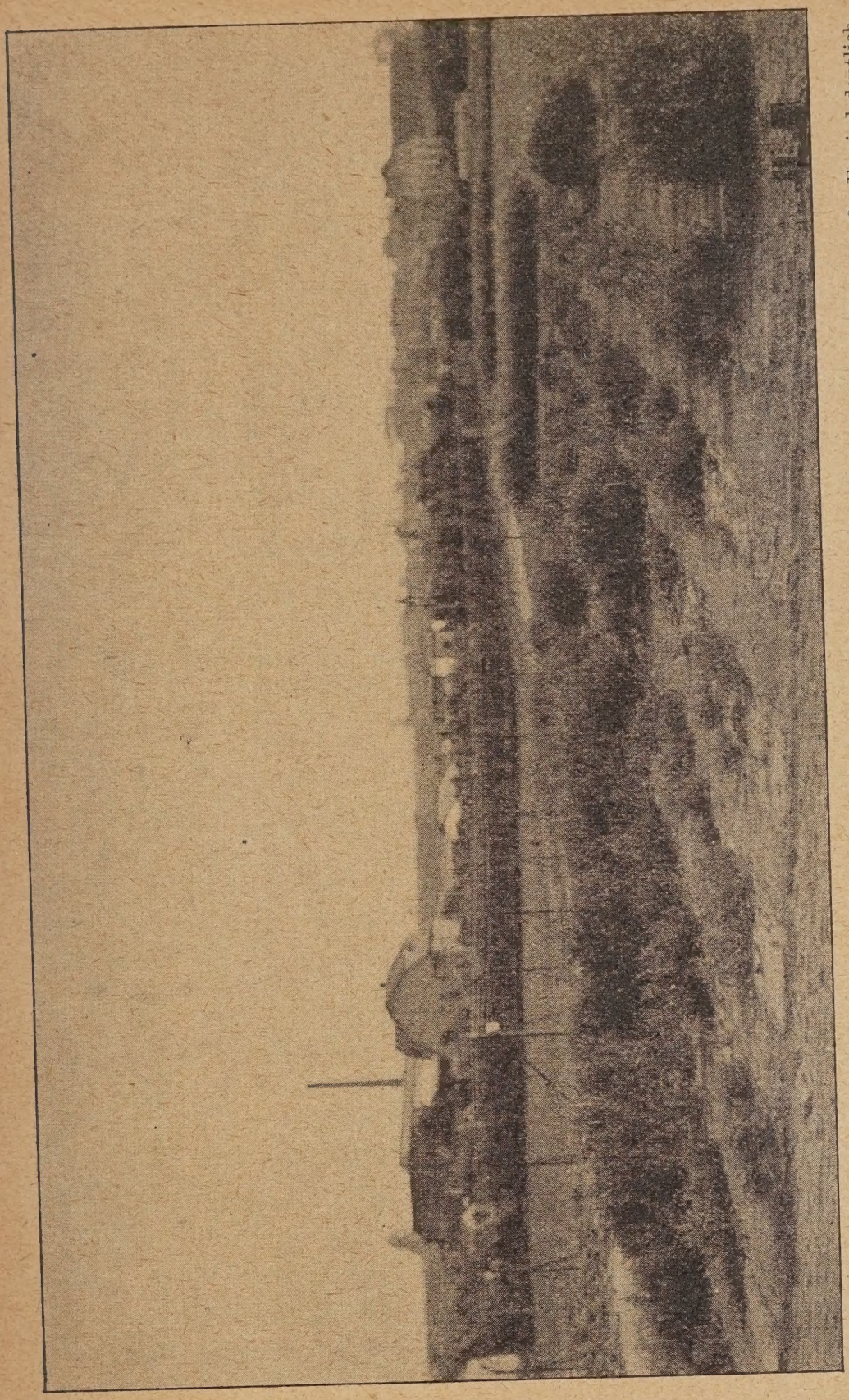


Abb. 25. Luzernenachkommenschaften, sechsjähriger Bestand. Bromberg 1919. Die Beete waren nur je 2 qm groß. Es sind deutlich die langlebigen Zuchtnummern zu erkennen.

Pflanzen muß weiterhin ebenfalls verbunden sein mit einer Ausmerzung derjenigen Nachkommenschaften, die spät erst schossen, und zwar muß diese Ausmerzung vor der Blüte vollzogen sein. Auf anderem Wege, aber in gleichem Sinne wird die Befruchtung durch räumlich getrennten Anbau der einzelnen Nachkommenschaften richtunggebend beeinflußt werden. Solches Verfahren hat gegenüber dem ersteren den Nachteil, daß ein Vergleich der Vegetationsbeobachtungen und anderer Feststellungen nicht möglich ist. Auf solchen wird man bei Getreide leichter verzichten können als bei anderen Früchten, weil der einmalige getrennte Anbau der Nachkommenschaften bei Getreide infolge zu geringen Umfanges noch keine Ertragsprüfung ermöglicht, sondern erst der weitere Nachbau solchen Einblick verschafft.

Handelt es sich um Auslese nach Eigenschaften, die erst nach der Blüte bewertet werden können, so kann auf andere Weise eine besondere Art der zeitlichen Isolierung herbeigeführt werden, nämlich durch Rückstellung der Hälfte des Samens der Elitepflanzen und auch der Nachkommenschaften, wie dies schon in Vorlesung 20 (S. 120) bezüglich der Veredlungszüchtung bei Fremdbefruchtern gesagt wurde. Werden von einer jeden ausgelesenen Roggenpflanze 200 Korn geerntet, so werden davon nur 100 ausgesät, um auf Grund dieser Nachzucht einen Einblick in die erbliche Veranlagung jeder Einzelpflanze zu gewinnen. Auf Grund der Bewertung der je 80—90 Pflanzen umfassenden Nachkommenschaften findet eine Nachkommenschafts-Auslese statt. Nun werden nicht die Ernten der ausgelesenen Nachkommenschaften, sondern die restlichen 100 Körner der jeweiligen Mutterpflanzen zur Aussaat gebracht. Infolgedessen werden in dem nächsten Jahre nur solche Nachkommenschaften sich gegenseitig geschlechtlich beeinflussen können, die einer Prüfung auf erbliche Veranlagung im Vorjahre unterlegen haben (Abb. 26.). Völlige Übereinstimmung zwischen der ersten und zweiten Hälfte des Anbaues ist allerdings nicht gewährleistet, da Pollen der verschiedensten Vaterpflanzen eingewirkt hat und auch die Eizellen der Mutterpflanze infolge dauernder Fremdbefruchtung in früheren Generationen sehr verschieden veranlagt sind. Aber praktisch sind nicht sehr erhebliche Unterschiede zu erwarten, da alle Samen einer Mutterpflanze bei Ernte und weiterer Verarbeitung mechanisch gemengt werden und infolgedessen der Mittelwert der ersten Hälfte, sofern es sich um einigermaßen umfangreiche Nachzuchten handelt, sich nicht

allzuweit von dem Mittelwert der zweiten Hälfte entfernen wird. Der praktische Züchter wird daher, trotz der nicht ganz einwandfreien theoretischen Grundlage, mit solchem Verfahren gut tun.

Die mit solch zeitlicher Isolierung verbundene langsamere Vermehrung des Saatgutes wird reichlich aufgewogen durch den raschen Fortschritt des Ausleseerfolges. Der Vorgang

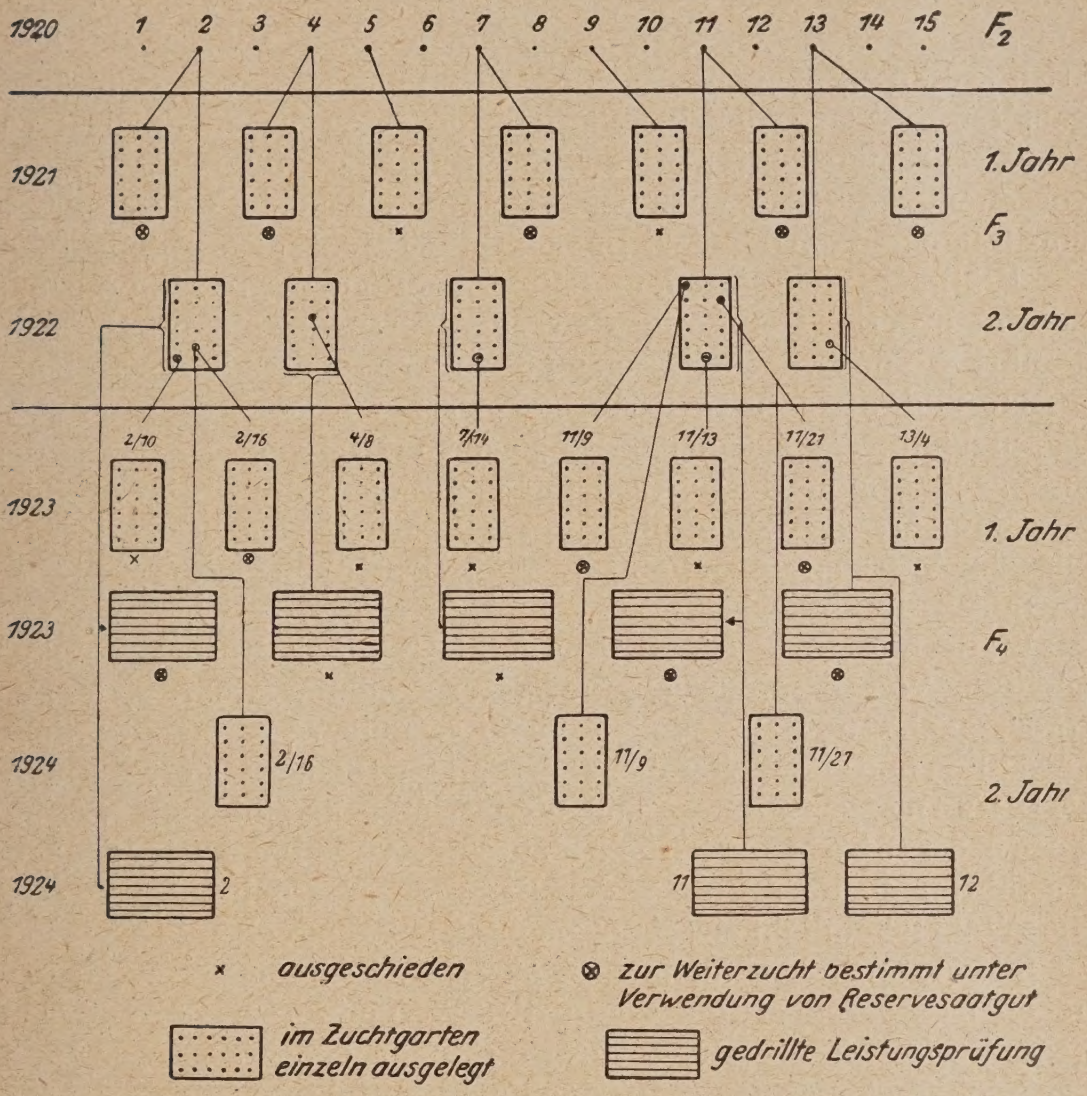


Abb. 26. Schematische Darstellung der Bastardierungszüchtung bei Windbefruchtern unter Verwendung von Reservesaatgut. (Bastardierung 1918 ausgeführt.)

wiederholt sich in den weiteren Generationen, indem immer wieder nur die Hälfte der Ernte als Saat für den Prüfungsanbau benutzt wird, die Ernte des Prüfungsanbaues nicht wieder zur Aussaat gelangt, sondern der verbliebene Rest des Vorjahres als Saat für die weitere Vermehrung dient. Das ganze Verfahren bewirkt Ausscheidung der nicht dem Zuchtziel ent-

sprechenden Kombinationen und Ausschaltung des geschlechtlichen Einflusses dieser auf die benachbarten guten Kombinationen.

Bei mehrjährigen Pflanzen ist an sich solche Führung der Auslese ebenfalls möglich. Allerdings werden die Verhältnisse unübersichtlicher dadurch, daß, abgesehen von dieser Teilung der Samenernte, eine weitere Teilung erforderlich ist, um die Nachkommenschaften der einzelnen Pflanzen alljährlich prüfen zu können. Es muß also so viel Reservesaat zurückgehalten werden, daß bei zweijährigen Gewächsen mindestens zwei, bei mehrjährigen Gewächsen mehrere Jahre Aussaaten vorgenommen werden können. Unterbleibt solche Rückstellung von Saaten, dann kann z. B. bei Rüben nur jedes zweite Jahr ein Prüfungsanbau erfolgen. Die Züchtung wird aber wesentlich gefördert, wenn die Leistungsprüfungen alljährlich ausgeführt werden. Günstig ist, daß die Keimfähigkeit von Rübensamen und anderer mehrjähriger Fremdbefruchter länger erhalten bleibt als beispielsweise jene von Roggen, so daß trotz des zweijährigen Umlaufes der Generationen ein Zurückgreifen auf Samenreserven sowohl zum alljährlichen Prüfungsanbau, wie zur Ausschaltung ungewünschter Bestäubung ohne weiteres technisch durchführbar ist.

Weiterhin wird es bei Durchführung der Bastardierungszüchtung von fremdbefruchtenden Kornfrüchten (Roggen, Mohn, Raps) nicht nur zweckmäßig sein, Samenreserven der ausgewählten und zur Weiterzucht bestimmten Pflanzen, sondern auch Pflanzenreserven der zur Weiterzucht bestimmten Nachkommenschaften zurückzuhalten. Aus den theoretischen Ausführungen über Folgen der Bastardierung geht hervor, daß die Wahrscheinlichkeit, dem Zuchtziele entsprechende Pflanzen zu finden, am ehesten in denjenigen Nachkommenschaften gegeben ist, deren Mittelwert in dieser Richtung liegt. Infolgedessen wird Verarbeitung von Einzelpflanzen nach Bewertung der Nachkommenschaften im Zuchtgarten und in der feldmäßigen Leistungsprüfung die sicherste Aussicht auf Erfolg gewähren. Um die Auslese in dieser Weise durchzuführen, ist es aber nötig, 2—3 Jahre lang einzeln geerntete Pflanzen aufzubewahren, um nach Feststellung der Nachkommenschaftsmittel auf sie zurückgreifen zu können. Zweckmäßigerweise werden diese Pflanzen unverarbeitet im Stroh aufbewahrt, weil auf diese Weise viel Laboratoriumsarbeit erspart wird.

Der Erfolg der Auslese wird bei Bastardierungszüchtung

von Fremdbefruchtern besonders langsam fortschreiten, langsamer als bei Veredlungszüchtung von Fremdbefruchtern, und sehr viel langsamer als bei Bastardierungszüchtung von Selbstbefruchtern. Für alle jene Pflanzen, bei denen Fremdbefruchtung neben Selbstbefruchtung eintritt, wird der Erfolg der Auslese sich zwischen diesen beiden Grenzwerten bewegen, sich dem einen oder andern nähern, je nachdem ob F oder S vorherrscht bzw. S erzwungen wird. Bei Pflanzen, die bei künstlicher Isolierung guten Ansatz geben (Lupinen), wird die Bastardierungs- wie die Veredlungszüchtung an Stelle des bezeichneten Verfahrens mit

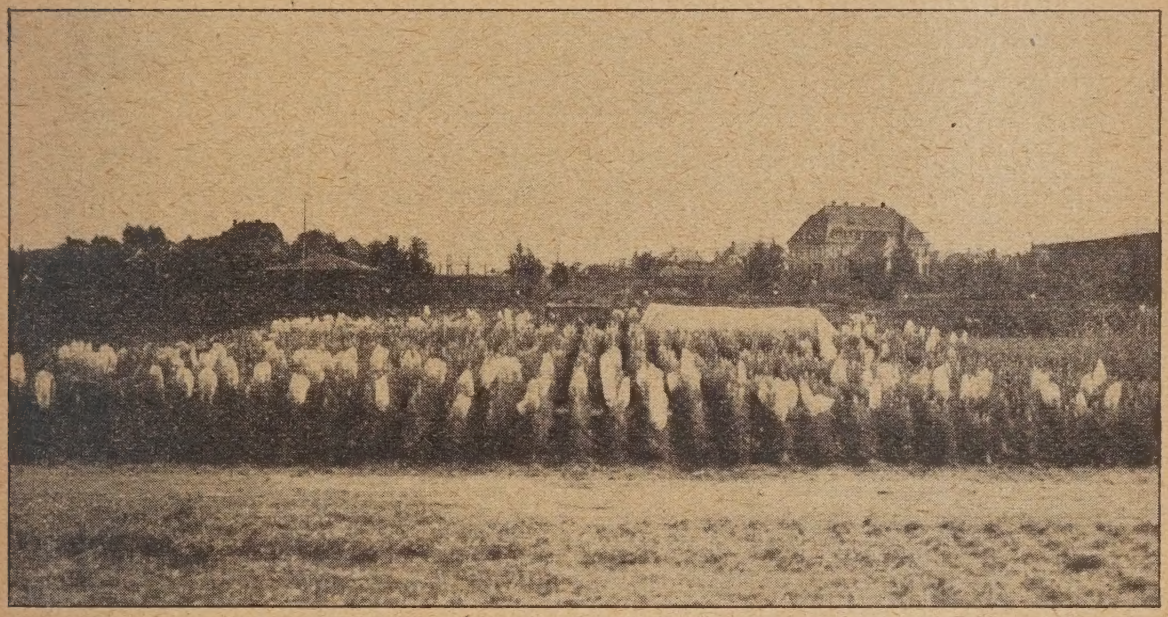


Abb. 27. Isolierungen von Lupinen mit Gazebeuteln bzw. Gazekasten. Bromberg 1917.

künstlicher Isolierung von Einzelpflanzen arbeiten und dann ebenso rasch zum Ziel kommen wie bei Selbstbefruchtern. Bei Insektenbefruchtern ist dies erheblich leichter als bei Windbefruchtern; daher ist bei jenen der Erfolg größer als bei diesen. Daß bei Insektenbefruchtern leicht in großem Maße mit Isolierung gearbeitet werden kann, zeigt Abb. 27 von meinen Lupinenzüchtungen in Bromberg.

(Fruwirth,) **Die Durchführung der Züchtung auf dem Wege der Formenkreistrennung und der Auslese spontaner Variationen morphologischer Eigenschaften je bei Fremdbefruchtern.**

Die Züchtung durch Formenkreistrennung, sowie jene durch Auslese spontaner Variationen morphologischer Eigenschaften

kann auch nur in der Weise durchgeführt werden, wie heute von Roemer für Auslese nach Bastardierung bei qualitativ variablen Eigenschaften besprochen worden ist. Es handelt sich bei beiden ja eben doch nur um eine Bastardierung, und der Unterschied ist nur der, daß bei künstlicher Bastardierung die Eltern bekannt sind, bei diesen beiden Züchtungsarten nicht. Bei Formenkreistrennung muß das herausgegriffene Individuum zwar nicht unbedingt ein Bastard sein, da bei der gerade beobachteten äußeren Eigenschaft zufällig ja auch zwei für diese gleich veranlagte Individuen zusammengetreten sein konnten, aber meist wird bei Fremdbefruchtern das Individuum nicht nur für viele andere Eigenschaften, sondern auch für die betrachtete heterozygot sein. Bei spontanen Variationen morphologischer Eigenschaften kann das Individuum schon seiner Entstehung nach ein Bastard sein, da, wie wir in der 7. Vorlesung über Variabilität gehört haben, solche Varianten auch aus der Vereinigung einer spontan variierten mit einer nicht variierten Geschlechtszelle entstehen können. Aber, wenn es auch durch Zusammentritt gleich veranlagter Geschlechtszellen gebildet worden ist, so wird es eine unreine Nachkommenschaft geben können, da es, umgeben von nicht variierten Individuen, im Bestande abblühte.

Zweiundzwanzigste Vorlesung.

Die Durchführung der vergleichenden Prüfung und die rechnerische Verarbeitung der Prüfungsergebnisse.

In dem Zeitpunkt, in dem das Zuchtmaterial den Zuchtgarten verläßt und in den feldmäßigen Anbau gelangt, ist die Tätigkeit des Züchters nicht beendet. Es beginnt nun die feldmäßige Prüfung des durch die Auslese Geschaffenen auf den praktischen Wert. Die Zeiten, in denen das im Zuchtgarten durch Auslese gewonnene Material nur feldmäßig vervielfältigt wurde, ohne daß gleichzeitig eine Prüfung, insbesondere eine Leistungsprüfung mit Vermehrung verbunden war, sind endgültig vorüber. Damit ist nicht gesagt, daß die Vermehrung des Zuchtmaterials um weitere Jahre hinausgeschoben sei, nämlich bis ein abschließendes Urteil über den Wert der Zuchten auf Grund der vorzunehmenden Feldprüfung vorliegt. Vielmehr

wird die Vervielfältigung teils mit solch vergleichender Prüfung verknüpft sein können (Getreide), teils getrennt von solcher, aber neben solcher einhergehend erfolgen (Rüben, Kartoffel).

Die vergleichende Prüfung wird nur dann richtige und einwandfreie Ergebnisse liefern, wenn sie feldmäßig ausgeführt wird, nicht nur außerhalb des Zuchtgartens auf dem freien Felde, sondern auch in feldmäßig bearbeitetem Boden, in feldmäßiger Fruchtfolge, Düngung, Bestellungsweise und Behandlung. Fernerhin muß gefordert werden, daß das in mühsamer Zuchtgartenarbeit isolierte Material unvermengt bleibt, Vermischungen vermieden werden. Diese Forderungen, im Verein mit dem unbedingten Erfordernis genauer Ergebnisse, machen eine sehr exakte und bis ins feinste ausgebaute Versuchstechnik notwendig; ja sie ist die Voraussetzung für einen vollen Erfolg des Züchters. Ungenaue, nicht sorgfältig durchgeführte Feldprüfungen des Zuchtmaterials führen zu Selbsttäuschungen des Züchters, ein Verhängnis für jeden Züchter.

Die vergleichende Feldprüfung ist in erster Linie Leistungsprüfung. Es kommt vor allen Dingen darauf an, den Ertrag so einwandfrei wie möglich zu ermitteln und zwar nicht nur der Menge nach, sondern auch der Qualität nach. Aber nicht nur die Feststellung der Ertragsunterschiede, sondern auch alle Besonderheiten in der Entwicklung muß die vergleichende Prüfung zum Gegenstande haben. Sie muß daher mit eingehenden Vegetationsbeobachtungen verknüpft sein. Nur an Hand solcher lassen sich Vorzüge und Nachteile jeder einzelnen Zuchtnummer erkennen.

Entstammt das Zuchtmaterial einer Landsorte oder der Bastardierung zweier Sorten, so ist zu erwarten, daß auch äußerlich einheitliches Zuchtmaterial in der Leistung starke Unterschiede aufweist. Bei Veredlungszüchtung dagegen werden die Ertragsunterschiede gering, daher schwerer faßbar sein.

Die vergleichende Leistungsprüfung muß selbstverständlich mit Auslese verbunden sein. Aus dem in die vergleichende Prüfung eintretenden Material muß gemäß dem Züchtergrundsatz: „Je schärfer die Auslese, um so größer der Erfolg", ein erheblicher Teil samt dem zugehörigen Vermehrungsmaterial ausgemerzt werden. Infolgedessen und unter Berücksichtigung des in Übereinstimmung mit dem Saatgutabsatz zu bemessenden Bedarfes an Vervielfältigungsmaterial muß die Leistungsprüfung so viele Stämme umfassen, wie mit den jeweils zur Verfügung stehenden Mitteln (Arbeitskräfte, gleichmäßiges Land, technische Hilfs-

mittel) genau geprüft werden können. Es kommt daher darauf an, mit geringstem Aufwand größtmöglichste Versuchsserien einwandfrei vergleichend zu prüfen. Hierzu muß der Züchter sich der von v. Rümker und Roemer vorgeschlagenen und mehrfach praktisch erprobten Versuchsanstellung bedienen. Die vergleichende Prüfung der Zuchtstämme erfolgt auf Teilstücken, die für Getreide 12½ bis 15 qm, für Hülsenfruchter und Futterpflanzen 25 qm und für Hackfrüchte 35 bis 50 qm groß sind, in sechsfacher Wiederholung. Die Aussaat erfolgt bei Getreide, Hülsenfruchtern und Futterpflanzen mit der Handdrillmaschine, bei Hackfrüchten mit der Hand, nachdem kreuz und quer markiert wurde. Es ist wichtig, geschlossene Bestände zu erzielen; Lücken beeinträchtigen jeden Versuch. Daher dürfen keine besonders geringen Saatmengen verwendet werden, wozu der Züchter zwecks Einsparung an Vermehrungssaatgut neigt. Bei Rüben ist nur durch Verwendung von viel Saat pro Pflanzstelle und durch zweimaliges Verziehen (beim erstenmal bleiben zwei Pflanzen stehen) der schädigende Einfluß vieler Lücken zu mildern. Bei Hülsenfruchtern darf die Saatmenge nicht geringer als die der Feldbestellung sein, bei Getreide kann eine bescheidene Kürzung dieser statthaben. Die Saatstärke muß, Korngröße und Triebkraft der einzelnen Zuchtstämme berücksichtigend, verschieden bemessen werden. Zum Drillen ist eine rasch und restlos zu reinigende zwei- oder fünfreihige Handdrillmaschine nötig, die eine genaue Einstellung der Saatmenge ermöglicht (Dehne-Halberstadt, Zimmermann-Halle a. S., Siedersleben-Bernburg, Heine-Magdeburg). Die Aussaat erfolgt in der Weise, daß die sechs Wiederholungen jeder zu prüfenden Nummer gesät werden, um erst dann die Maschine zu reinigen und mit der nächsten Nummer zu füllen. Die sechs Wiederholungen einer Nummer müssen über die Versuchsfläche gleichmäßig verteilt sein. Die Genauigkeit der Ergebnisse nimmt mit dem Abstand der Wiederholungen ab, daher sollte diese ein bestimmtes Maß nicht überschreiten. Ohne allgemein gültige Zahlen geben zu können, sei eine Entfernung von 25—30 m genannt. Daher ist es bei großen Versuchsserien nötig, diese in zwei oder mehrere Teile zu zerlegen, von denen jeder Teil als ein in sich geschlossener Versuch betrachtet wird. Es ist dann nötig, eine oder zwei Nummern des Zuchtmateriales als Vergleichsmaßstab in allen Versuchsgruppen zu führen. Die Form der Teilstücke muß langgestreckt sein, damit diese trotz des geringen Umfanges Längen aufweisen, die gutes Drillen

ermöglichen. Die Zahl der Drillreihen ist infolge der geringen Breite bei Getreide und Hülsenfruchtern nur vier bis fünf, bei Hackfrüchten nur drei. Bei ersteren sind Fehlreihen als Trennungsstreifen erforderlich, um trotz Lagern einwandfreie Trennung bei der Ernte sicherzustellen. Vielfach werden diese Fehlreihen gleich bei der Bestellung nicht gesät; hierdurch bilden sich die Pflanzen der nebenstehenden Reihen zu kräftig, mastig aus, es wird ein hoher Prozentsatz der kleinen Fläche Randpflanzen. Dies wird zu einer Verwischung der Ertragsunterschiede beitragen, ist also unerwünscht. Vermeiden läßt sich dies dadurch, daß bei einer Aberntung von fünfreihigen Teilstücken sechs Reihen gesät werden, von denen zur Zeit des Schossens die sechste Reihe ausgezogen oder abgesichelt wird. Es hat sich dies auf dem Versuchsfelde Halle gut ausführen lassen und bewährt.

Das Wichtigste der feldmäßigen vergleichenden Prüfung ist, mit vielen Wiederholungen zu arbeiten; nur durch viele Wiederholungen können genaue Ergebnisse gewonnen werden. Je geringer die Zahl der Wiederholungen, um so größer die Fehler der Endzahlen, um so unsicherer die Bewertung, um so eher greift die Auslese Falsches, um so eher werden im nächsten Jahre widersprechende Ergebnisse gewonnen. Die Zahl der Wiederholungen sollte möglichst auf sechs bemessen sein; bei Getreide reicht das Saatgut der ersten feldmäßigen Prüfung meist nicht für sechs, sondern nur für vier Teilstücke von 15 qm, bei Hülsenfruchtern gewinnt man selbst im zweiten Feldanbau noch nicht genügend Saatgut für sechs Wiederholungen zu 25 qm von der Nachzucht einer Mutterpflanze. Zusammenschütten von Nachzuchten verschiedener Pflanzen muß aber unterbleiben. Es muß dann eben vor der Leistungsprüfung 1 oder 2 Jahre nur Vermehrungsbau ohne Leistungsprüfung ausgeführt werden, um dann mit genügender Saatmenge diese vornehmen zu können.

Für Leistungsprüfung von Rübenstämmen ist sechsfache Wiederholung noch kaum ausreichend, besonders wenn es sich um die Gewichtsleistung handelt; bei Zuckergehalt wird schon durch vierfache Wiederholung ein sicheres Ergebnis erzielt, Ausschlaggebend ist die Beeinflussung der einzelnen Eigenschaft durch die Außenfaktoren, durch den Standort. Je größer diese ist, oder mit anderen Worten, je stärkeren Modifikationen eine Eigenschaft unterworfen ist, um so mehr machen sich die nicht auszuschaltenden Boden- und Feuchtigkeitsunterschiede geltend.

Die Wirkung dieser Schwankungen oder „Fehler“ auf die Endergebnisse kann, wie Roemer nachgewiesen hat, am ehesten durch Anwendung vieler Wiederholungen vermindert werden. Leistungsprüfungen mit sehr vielen Zuchtstämmen und mit je sechs und mehr Wiederholungen können jedoch nur bei Anwendung kleiner Teilstücke ausgeführt werden, soll die Arbeit überhaupt zu bewältigen sein.

Es kann nicht genug betont werden, daß die Ernteergebnisse der Leistungsprüfungen

1. eine wirklich richtige Beurteilung der Zuchtstämme,
2. in kurzer Frist ein entscheidendes Urteil

ermöglichen müssen. Die Verwendung weniger Wiederholungen in den Leistungsprüfungen hat zur Folge, daß viele Zuchtstämme viele Jahre geprüft werden müssen, weil der Züchter sich auf Grund unsicherer Ergebnisse nicht — positiv oder negativ — entscheiden kann. Infolgedessen nehmen diese dem neuen Zuchtmaterial Platz weg. Wenige Wiederholungen bilden keine Arbeitsersparnis; die ersparte Arbeit muß in Form eines langen Prüfungsanbaues doch geleistet werden.

Die Aberntung erfolgt bei Getreidezüchtung in der Weise, daß die drei bis vier Garben eines Teilstückes mit den Ähren nach unten in mindestens 80 bis 90 cm breite, lockere Säcke (Häckselsäcke) gesteckt werden. Auf diese Weise können viele Teilstücke (bis 60 und 70) auf einen Wagen geladen werden. Beim Aufladen werden die zusammengehörigen Wiederholungen sofort geordnet, so daß beim sofortigen Dreschen bzw. Einlagern alle Wiederholungen einer Nummer beieinander sind und hintereinander ohne Reinigung der Dreschmaschine gedroschen und gereinigt werden. Zwischen den einzelnen Teilstücken laufen die Maschinen kurze Zeit, nach den einzelnen Zuchtstämmen längere Zeit leer. Die Kornerträge werden für jedes Teilstück bestimmt, Kornproben zu Tausendkorngewichtbestimmungen usw. gezogen und dann sofort die Kornernten der Wiederholungen in einen Sack zusammengeschüttet, damit von jedem Zuchtstamm nur ein Sack aufzubewahren ist. Dreschmaschinen ohne Reinigung: Richter-Döbeln, Badenia-Mannheim; mit Reinigung: dieselben und Maschinenfabrik Bevensen.

Bei Hackfrüchten ist die Ernte schwieriger, und zwar um so schwieriger, je mehr sie in die Erde wachsen. Der Erdanteil beeinflußt die Erntezahlen sehr, in trockenen Jahren weniger, in nassen mehr. In ersteren aber macht sich der Verlust durch Abbrechen, der sehr verschieden groß sein kann, geltend. Bei

Futterrübensorten, die über der Erde wachsen, kommt man ohne gründliche Rübenwäsche aus, bei Zuckerrüben nicht. Die Zahl der Fehlstellen kann großen Schwankungen unterworfen sein, ihr Einfluß auf den Ertrag nach Masse und Güte ist schwer auszuschalten. Ausroden derjenigen Pflanzen, die nach allen Seiten Nachbarpflanzen aufweisen, hat zur Voraussetzung, daß aus dem Bestande und nicht Reihe bei Reihe geerntet wird. Diese Arbeit stößt auf besonders große Schwierigkeit (Nässe, Kälte, ungenügendes Verständnis, Unachtsamkeit, Unmöglichkeit der Kontrolle). Man gelangt am ehesten zum Ziel, wenn man Reihe nach Reihe rodet und auf jeder Reihe zwei Arbeiter ansetzt. Der erste rodet die Rüben, die neben Lücken stehen, und wirft sie auf etwa 2 m weg, der zweite rodet die stehenbleibenden Rüben auf und legt sie in eine Reihe, die nun sogleich aufgenommen und gezählt wird. Auf diese Weise kommen nur solche Rüben, die in ihrer Reihe neben benachbarten Rüben standen, zur Gewichts- und Zuckerbestimmung; zwischen diesen befinden sich jedoch noch jene, die neben Fehlstellen der Nachbarreihen gestanden haben. Ihre Ausmerzung kann nur in der vorher bezeichneten Weise erfolgen, wird daher selten gelingen. Bei Kartoffeln steht es damit günstiger.

Bei Vervielfältigung von Selbstbefruchtern bestehen keine Bedenken gegen Verwendung der Ernten solcher Leistungsprüfungen zur Gewinnung von Originalsaatgut, sofern keine mechanischen Verunreinigungen bei der Ernte eingesetzt haben. Bei Fremdbefruchtern liegen berechtigte Bedenken vor, jedoch auch nur für einen Teil dieser, nämlich für die einjährigen Fremdbefruchter, wie Roggen. Der Tatsache, daß bei den Roggenzuchtstämmen, die sich in Leistungsprüfung befinden, die nicht befriedigenden die zur Auslese kommenden guten Stämme bestäubt haben, wird dadurch Rechnung getragen, daß von jeder Nummer Saatgut zurückgehalten wird, um im folgenden Jahre nicht die Ernte der Leistungsprüfung, sondern das gleiche Saatgut wie im Vorjahre verwenden zu können. Der Nachteil der langsameren Vervielfältigung wird durch den Gewinn, der in Ausschaltung unerwünschter Befruchtungen liegt, aufgewogen. Bei Rüben ist Gleiches nicht nötig, da die Leistungsprüfung ohne geschlechtliche Beeinflussung der nebeneinander angebauten Zuchtnummern vor sich geht. Wenn bei Rüben Samenreserven im größeren Umfange zurückbehalten werden, so wird damit beabsichtigt, aus ein und demselben Samen unter verschiedener Jahreswitterung vergleichende Prüfung auf Leistung in zwei sich folgenden Jahren vornehmen zu können.

Nicht minder wichtig als die Gewinnung ist die Verwertung der Prüfungsergebnisse. Richtige rechnerische Verarbeitung ist Voraussetzung für richtige Anwendung der Endzahlen. Es genügt nicht, aus den Vegetationsbeobachtungen und Erntezahlen der Wiederholungsteilstücke für jede Zuchtnummer das arithmetische Mittel zu ziehen. Dies genügt zwar, um eine Rangordnung der geprüften Zuchtnummern aufzustellen. Der Züchter muß sich jedoch hüten, an Hand solcher rein mechanisch Bewertung und Auslese vorzunehmen. Sondern es ist zweierlei zu berücksichtigen. Es gibt nur in seltenen Ausnahmen Zuchtstämme, die sich in allen Eigenschaften, die der Züchter zu beobachten hat, auszeichnen. In weitaus den meisten Fällen wird sich ergeben, daß bezüglich Eigenschaft A andere Zuchtstämme die „besten" sind als bezüglich Eigenschaft B und wieder andere betr. Eigenschaft C. Werden für die verschiedenen Eigenschaften Rangordnungen aufgestellt, so ist es persönlichste Aufgabe des Züchters, den Wert, das „Gewicht", das jeder Einzelrangordnung beizumessen ist, abzuwägen. Allgemeingültige Richtlinien lassen sich dafür nicht aufstellen, sie sind nach dem Zuchtziel und nach der Eigenart des Materials verschieden. Sie können auch innerhalb einer Zucht wechseln. Ist z. B. in einer Zuckerrübenzüchtung der Zuckergehalt gestiegen, das Rübengewicht gesunken, so muß eine Änderung dahin eintreten, daß dem Rübengewicht bei der Auslese mehr Einfluß zugemessen wird als vordem, dem Zuckergehalt dagegen ist künftighin ein geringeres „Gewicht" beizulegen als vordem. Für die richtige Auslese auf Grund der Leistungsprüfung muß der Züchter über ein großes Wissen und Können verfügen und die einzelnen Mängel seiner Züchtung genau zu beurteilen wissen. Als einzige allgemeingültige Richtlinie kann man sagen: Je deutlicher ein Mangel der in Züchtung befindlichen Sorte hervortritt, desto stärker müssen die Unterschiede der Zuchtstämme in bezug auf diese Eigenschaft bewertet und berücksichtigt werden.

Zweitens aber gehört zur Verwertung der Rangordnungen Kenntnis der Zuverlässigkeit der gewonnenen Zahlen. Jedes Versuchsergebnis ist mehr oder weniger ungenau. Die Genauigkeit der Feldversuche ist im Vergleich zu anderen Versuchen recht gering. Die Zuverlässigkeit jedes einzelnen Mittelwertes muß für die Bewertung des Mittelwertes und damit der Rangordnung bekannt sein. Der Grad der Zuverlässigkeit ist bestimmt durch die Unterschiede zwischen den zusammen-

gehörigen Wiederholungen sowohl betreffs der Vegetationsbeobachtungen, als betreffs der Erträge. Je größer diese sind, desto unzuverlässiger, desto weniger genau ist der errechnete Mittelwert. Als Maß hierfür wird die „mittlere Schwankung" oder der „mittlere Fehler" (m) für jeden Mittelwert errechnet. Dies geschieht nach den Methoden der Variationsstatistik (Johannsen, Mitscherlich u. v. a.). Es wird für jedes Teilstück die Differenz zum arithmetischen Mittel (M) errechnet, diese Zahl ins Quadrat erhoben, die Summe der Quadrate durch die Zahl der Wiederholungen geteilt und die Wurzel der resultierenden Zahl ausgezogen, wie Beispiel zeigt. Die Erträge einer Leistungsprüfung von Getreide und Rüben mögen für eine Zuchtnummer in den sechs Wiederholungen folgende Erträge ergeben haben:

Teilstück	Getreide: Zuchtstamm n			Teilstück	Rüben: Zuchtstamm n		
	Korn 15 qm kg	Differenz zu M g	Quadrat		Reine Rüben Gramm pro Rübe	Differenz zu M g	Quadrat
a	4,670	90	8 100	a	510	17	289
b	4,780	20	400	b	481	12	144
c	4,510	250	62 500	c	475	15	225
d	4,650	110	12 100	d	496	3	9
e	4,800	40	1 600	e	505	12	144
f	4,930	170	28 900	f	488	5	25
	M = 4,760	Summe 680	0,113 600		M = 493	Summe 64	836

$0{,}113\,600 : 6 = \sqrt{0{,}018\,933}$

$m = \pm 0{,}137$

also Wert des Stammes

$M = 4{,}760\ \text{kg} \pm 0{,}137$

$836 : 6 = \sqrt{139}$

$m = \pm 11{,}79$

also Wert des Stammes

$M = 493\ \text{g} \pm 11{,}79.$

An Stelle des mittleren Fehlers kann in der großen Praxis unbeschadet der durchschnittliche Fehler (d) treten, der einfacher zu errechnen ist. Bei Berechnung dieses werden die Differenzen von M nicht ins Quadrat erhoben, sondern nur addiert und die Summe durch die Zahl der Wiederholungen dividiert; in obigem Beispiel:

Getreide:

$$d = \frac{0 \cdot 680}{6} = 0{,}113\ \text{kg}$$

$M = 4{,}760\ \text{kg} \pm 0{,}113$

Rüben:

$$d = \frac{64}{6} = 10{,}67\ \text{g}$$

$M = 493\ \text{g} \pm 10{,}67.$

Der Gebrauch von Quadrat- und Logarithmentafel fällt weg, daher ist es möglich, die Rechenarbeiten ohne besonders vorgebildetes Personal ausführen zu lassen. Infolgedessen verdient für die Züchtung zu praktischen Zwecken der durchschnittliche Fehler den Vorzug; für wissenschaftliche Arbeiten jedoch ist der mittlere Fehler zu verwenden.

Der mittlere Fehler einer Differenz beträgt

$$M(d) = \sqrt{M_1^2 + M_2^2}.$$

Als sichere, nicht durch Zufälligkeiten verursachte Unterschiede zwischen zwei Stämmen gelten solche, die den zweifachen mittleren Fehler überschreiten. In obigem Beispiel wären somit Stämme mit $4{,}372 \pm 0{,}137$ bis $5{,}148 \pm 0{,}137$ kg Korn nicht sicher im Ertrage verschieden, bzw. bei Rüben solche mit $476{,}3 \pm 11{,}79$ bis $509{,}7 \pm 11.79$ g pro Rübe. Man sieht, der Spielraum ist sehr groß. Solche Verarbeitung der Leistungsprüfungen ergibt meist nur wenige Zuchtnummern, die sicher besser als andere sind. Dieser Übelstand kann nur dadurch behoben werden, daß die Genauigkeit der Feldversuche verbessert wird.

Wie bei der feldmäßigen Leistungsprüfung kann die Fehlerrechnung auch auf die einzelnen Nachkommenschaften von Pflanzen angewandt werden, um die festgestellten Unterschiede auf ihre Sicherheit zu prüfen. Jedoch werden bei den Nachkommenschaften meist sehr große Schwankungen errechnet, so daß dann nur große Unterschiede als außerhalb der Fehlergrenze liegend bestimmt werden können.

Daneben kann aber der mittlere Fehler für die Bewertung der einzelnen Nachkommenschaft mit herangezogen werden, weil auf diese Weise das Ausmaß der Variabilität, einschließlich der Modifikabilität erfaßt werden kann. Die Art der Berechnung ist die gleiche, nur sprechen wir dann nicht von dem „mittleren Fehler", sondern von der „mittleren Schwankung". Sofern das Ergebnis der Rechnung sich auf die Einzelbeobachtung bezieht, spricht man zweckmäßigerweise, um Irrtümer zu vermeiden, von der „Standardabweichung" (standard deviation), die, in Prozenten des Mittelwertes ausgedrückt, den „Variationskoëffizienten" gibt. Dieser ist ein exaktes Maß der Variabilität im weiteren Sinne und kann als solches in der Züchtung nutzbringend angewandt werden. Zum Beispiel wird in der Zuckerrübenzüchtung sehr darauf geachtet, Stämme zu gewinnen, die innerhalb enger Grenzen variieren. Um solche auszulesen,

wird dann auf Grund der Polarisation bzw. Gewichtsbestimmung aller Rüben und der gekennzeichneten Rechnungsweise der Variationskoëffizient für jede Nachkommenschaft bestimmt und als Auslesefaktor verwendet. Bei Selbstbefruchtern wird der Variationskoëffizient ein zuverlässiges Maß der Modifikabilität sein, also anzeigen ob ein Stamm schwach oder stark auf äußere Einflüsse reagiert, durch sie verändert wird.

Es sei nun nochmals von der feldmäßigen Leistungsprüfung gesprochen. Die Fehlerrechnung zeigt für diese nicht nur an, welche Unterschiede außerhalb der Fehlergrenze liegen, sondern auch, ob mit genügender Genauigkeit gearbeitet ist. Dies ist der zweite Nutzen der Fehlerberechnung, daß ein Maß der Genauigkeit der Versuchsanstellung gewonnen, nämlich indem der mittlere oder durchschnittliche Fehler in Prozenten des Mittelwertes ausgedrückt wird. Zum Beispiel (S. 146) also:

Getreide:	Rüben:
0,137 in Prozent von 4,760 g	11,79 in Prozent von 493 g
Die Genauigkeit beträgt somit:	
= 2,88 %	= 2,39 %.

Sie ist in beiden vorliegenden Fällen für den Züchter ungenügend. Die Leistungsprüfungen müssen so genau sein, daß der Fehler etwa bei 1 % liegt. Dies zu erreichen, ist möglich, allerdings nur bei vollkommenstem Ausbau der Versuchstechnik. In der Berechnung der Genauigkeit, mit welcher die Leistungsprüfungen ausgeführt werden, hat der Züchter die beste Kontrolle seiner eigenen und seiner Angestellten Arbeit. Diese Kontrolle ist für jeden Zuchtbetrieb ebenso unerläßlich, wie die Betriebskontrolle in jedem Fabrikationsbetrieb. Die Fehlerrechnung ist die unerläßliche Betriebskontrolle jedes Zuchtbetriebes.

Sachregister.

Abstoßung 63.
Additionswirkung 59.
Analyse 103.
Anlagen 19.
— Koppelung 21, 99.
— Paare 19.
— Selbständigkeit der 52.
Apogamie 4, 35.
Apparate 87.
Art, kleine 26.
Artbastardierung 47.
Assoziation 34, 60.
Aufarbeitungsraum 85.
Aufbewahrungsraum 85.
Aufzeichnungen 87.
Ausgangsmaterial für Bastardierung 105.
Auslese 73.
— -arten 88.
— kontrollierende in künstlichen Populationen 71.
— in natürlichen Populationen 71.
— -eigenschaften 92.
— -saatgut 80, 93.
— -pflanzen 93.

Bastardanalyse 115.
Bastardierung 11.
— zielbewußte 106.
Befruchtung, doppelte 3.
— dreifache 3.
— künstliche 3.
Befruchtungsvorgang 3.
Bestäubungsschutz 84.
Biotypen 25.

Chimären 5.
Chromatin 22.
Chromomer 14.
Chromosomen 14.
— homologe 16.
— Topographie 22.
crossing over 20, 62.

Diakinese 17.
dihybrid 54.
Diploid 14.
Dissoziation 34, 60.
Dominanz 50.

Eigenschaften, erworbene 35.
— äußere Form- 11.
— morphologische 11.
— physiologische 11.
— qualitative 11.
— quantitative 11.
— innere 11.
— — Koppelung 99.
— Leistungs- 11.
Eizelle 2.
Elite 90.
— -pflanzen 93.
Endosperm 2.
Embryosack 2.
— -kern 2.
Entkörnungsvorrichtungen 86.
epistatisch 60.

F_1, F_2 . . . 1. 2 . . . Filialgeneration 49.
Faktoren 19.
Fehler, mittlerer 145.
— durchschnittlicher 145.
Formeigenschaften 11.
Fortpflanzung 1.
Fremdbefruchtung 6.

Gameten 2.
— Reinheit der 52.
Gen 19.
Genauigkeit des Feldversuches 147.
Genophänovarianten 33.
Genovarianten 33.
Geschlechtszellen 1.
Gesetz der Geschlechtszellenbildung 50.
Gonen 2.
Gonoktont 2.
Gruppenauslese 92.

Haploid 14.
Heterosis 9, 111.
Heterozygot 18, 48.
Hilfsmittel 87.
Homozygot 18, 48.

Individualauslese 92.
Individuum 1.
Insektenblüher 6.
Intranukleaire Kruising 20.
Isogen 113.
Isolierung, geschlechtliche 85.
Isophaen 113.
Impotenz 7.
Inzestzucht durch Selbstbefruchtung 8.
— gewöhnliche 9.
— Folgen 8, 125.
Inzucht 5.

Kallus 1.
Karyotin 22.
Kastration 106.
Klassenmittel 39.
Kleinformen 25.
Klon 26.
Knospenvariation 41.
Kombination (Neukombination) 57.
Kombinationsschema 55, Tafel II u. III je unten.
Koppelung 21, 61.
— der Anlagen 61.
— der Eigenschaften 61.
Korrelationen 99.
Kryptomerie 34.

Lamarckismus 35.
Landsorten 26.
Lebenstypen 25.
Leistungseigenschaften 11.
Linie, biologische 25.
— genealogische 24.
— reine 24.
— vegetative 26.
Linienbastardierung 48.
— -mutation 44.
Linin 22.

Massenauslese 92.
Mendelismus 49.
Meßvorrichtungen 87.
Mittelwert 145.
Modifikabilität 30, 37.
Modifikation 30, 38.
Monohybrid 54.
Mosaikvererbung 50.
Mutation 43.

Nachbarbefruchtung 7.
Nachkommenschaft 30.
Nachkommenschaftsauslese 76.
Nebeneinanderführung von Individualauslesen 92.
Neolamarckismus 35.
Neukombination 57.
Neuzüchtung 89.

Oenothera 43.
Originalsaatgut 80, 93.

P = Elter, Eltern 49.
Parthenogenesis 4, 35.
— haploide 4, 51.
Perisperm 3.
Pflanzenzüchtung 77.
Pisumtypus 50, 53.
Presence und Absence = Vorhandensein und Fehlen 18.
Pfropfung 4, 35.
Pfropfreis 5.
Pluripotenz 42.
Polkerne 3.
Pollenkorn 2.
— -schlauch 2.
Polyembryonie 4.
Polyhybrid 54.
Polymerie 58.
Population 26.
— künstliche 70.
Prüfung, vergleichende 88, 138.

Quetelets Gesetz 39.

Recessiv 50.
Rechenschieber 87.
Reduktionsteilung 2, 15.
Reifungsteilungen 15, 17.
Reinheit der Gameten 52.

Saatzuchtwirtschaft 80.
Sävorrichtungen 84.
Samenknospen 3.
Schutz, geschlechtlicher 106.
Schwankung, mittlere 145.
Selbstbefruchtung 5.
— -bestäubung 5.
— -sterilität 7.
— -unfruchtbarkeit 7.
— -unempfänglichkeit 7.
Selektion 73.
Sorte 26.
Spaltung 53.
— vegetative 42.
Spaltungsverhältnisse 56.
Spermakern, generativer 2.
— vegetativer 2.
Stammbaum 98.
Standardabweichung 146.
Staudenauslese 111.

Steckling 1.
Synapsis 20, Abb. 7.
Synthese 102.

Trihybrid 56.

Übertragung 31, 42.
Überkreuzung 62.
Unterlage 5.

Variabilität 37.
— allgemeine 47.
— bei Apogamie, Parthenogenesis, Pfropfung 35.
— nach Bastardierung 46, 47.
— sichtbare 37.
— spontane 40, 44.
Variabilitätskurve 39.
— -polygon 39.
Varietät 26.
Variation 37.
— individuelle, kleine 37.
— spontane größeren Umfanges 40.
— — morphologische 40.
— — quantitative 44.
Variationsreihen, kontinuierliche 65.
— -koeffizient 146.
— -statistik 145.
Variantenverteilung 39.
Veredlungszüchtung 88.
Vererbung 31.
— intermediäre 49.
— dominante 49.
— reine 31.
— sichtbare 33.
— teilweise 32.
— unsichtbare 33.
Vererbung, verhältnismäßige 33.
— volle 31.
Vermehrung 1.
Vermehrungsorgan 1.
Vervielfältigung 88, 93.
Vervielfältigungswirtschaft 80.
Vielförmigkeit 36.
Vorhandensein und Fehlen einer Anlage 18.

Wagen 87.
Windblüher 6.

Zahlenverhältnisse nach Bastardierung 72.
Zeatypus 49, 53.
Zellkern 12.
Zellteilung, vegetative 15.
Zuchtfeld 82.
Zuchtgarten 82.
Züchtung an öffentlichen Anstalten 81.
— durch öffentliche Anstalten mit Landwirten 81.
— durch selbständig züchtende Landwirte 80.
— durch Auslese spontaner Variationen 89.
— durch Bastardierung 89.
— durch Formenkreistrennung 89.
Züchtungsarten 88.
— -behelfe 82.
— -sorten 27.
Zuchtwahl 73.
Zusammensetzung der F_n-Generationen 57.
Zusammenwirken von Anlagen 58.
Zwischenvarietät 32.
Zygote 3.

Verlag von Paul Parey in Berlin SW. 11, Hedemannstr. 10 u. 11.

Zeitschrift für Pflanzenzüchtung.

Zugleich Organ der Gesellschaft zur Förderung deutscher Pflanzenzucht, der Österreichischen Gesellschaft für Pflanzenzüchtung und des Bayerischen Saatzuchtvereins.

Unter Mitwirkung

von

L. Kießling, München — **H. Nilsson-Ehle**, Akárp — **K. v. Rümker**, Emersleben — **E. v. Tschermak**, Wien

herausgegeben von

C. Fruwirth, Wien.

Achter Band.

Bisher erschienen: I. Heft mit 7 Abb. Preis 24 M. II. Heft mit 7 Abb. Preis 30 M.

Die Zeitschrift für Pflanzenzüchtung erscheint in zwanglosen Heften, deren 4 einen Band bilden. Die Hefte sind auch einzeln käuflich, ihre Preise sind entsprechend ihrem schwankenden Umfang verschieden und sind **bei Gesamtabnahme niedriger als bei Einzelbezug.** Die Abnahmeverpflichtung gilt für einen Band.

Der Erfolg der im Jahre 1913 begründeten »Zeitschrift für Pflanzenzüchtung« ist so groß gewesen, daß der Beweis als erbracht gelten kann, daß sie einem wahren Bedürfnis entsprochen hat. Alle, denen die Weiterentwicklung des gerade jetzt so wichtigen Gebietes am Herzen liegt, **alle Pflanzenzüchter, Botaniker, landwirtschaftlichen Versuchsstationen und größeren Samenhandlungen** seien zum Bezuge eingeladen.

Die bisher erschienenen sieben Bände bilden für alle an der Pflanzenzüchtung Interessierten ein so wertvolles Material, daß nur dringend empfohlen werden kann, sich diese Bände noch zu sichern, solange der nicht mehr große Vorrat reicht.

I.—VI. Band, Preis je 60 M. VII. Band Preis 80 M.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Verlag von Paul Parey in Berlin SW. 11, Hedemannstr. 10 u. 11.

Handbuch der landwirtschaftlichen Pflanzenzüchtung.

Von

Dr. C. Fruwirth,

o. Professor der technischen Hochschule Wien.

Erster Band: **Allgemeine Züchtungslehre der landw. Kulturpflanzen.** *Fünfte,* umgearbeitete Auflage. Mit 89 Textabb. u. 8 Tafeln. Geb., Preis 51,20 M.

Zweiter Band: **Die Züchtung von Mais, Futterrüben und anderen Rüben, Ölpflanzen und Gräsern.** *Vierte,* gänzlich umgearbeitete Auflage. Mit 56 Textabbildungen. Geb., Preis 66,— M.

Dritter Band: **Die Züchtung von Kartoffel, Erdbirne, Lein, Hanf, Tabak, Hopfen, Buchweizen, Hülsenfruchtern und kleeartigen Futterpflanzen.** *Dritte* neubearbeitete Auflage. Mit 45 Textabbildungen. Gebunden, Preis 38,40 M.

Vierter Band: **Die Züchtung der vier Hauptgetreidearten und der Zuckerrübe.** Von Professor Dr. C. Fruwirth, Professor Dr. E. von Tschermak und Professor Dr. Th. Roemer. *Vierte,* neubearbeitete Auflage. In Vorbereitung.

Fünfter Band: **Die Züchtung kolonialer Gewächse: Zuckerrohr, Reis, Hirsearten, Kaffee, Kakao, Citrusarten, Baumwolle und andere Faserpflanzen, Batate, Maniok, Erdnuß, Ölpalme, Olive und Sesam.** Zweite Auflage. In Vorbereitung.

Die Saatenanerkennung.

Von

Dr. C. Fruwirth.

o. ö. Professor an der technischen Hochschule in Wien.

Mit 66 Abbildungen und 2 Tafeln im Text.

Preis 13 M. 75 Pf.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Bot.
F.
189025
Author Fruwirth, Carl and Roemer, Theodor
Title Landwirtschaftliche Pflanzenzüchtung.

University of Toronto
Library

DO NOT
REMOVE
THE
CARD
FROM
THIS
POCKET

Acme Library Card Pocket
Under Pat. "Ref. Index File"
Made by LIBRARY BUREAU